

**Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Geologie



Pavla Hakalová

Rybí fauna miocénu Chebské a Sokolovské pánve: taxonomický přehled a
paleoekologie

Miocene fish fauna from the Cheb and Sokolov Basins: taxonomic overview and
palaeoecology

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Tomáš Přikryl, Ph.D.

Praha, 2016

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 10. 12. 2016

Podpis

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce panu RNDr. Tomášovi Přikrylovi, Ph.D., za věnovaný čas, poskytnutí literatury a především za trpělivost, cenné rady, připomínky a odborný přístup.

ABSTRAKT

Hlavním cílem předkládané bakalářské práce je podat přehled rybí fauny miocenních jezerních uloženin chebské a sokolovské pánve. V práci je také věnovaná pozornost geologii dané oblasti, rybím asociacím v rámci jednotlivých biozón a souvisejícím problémům.

Sedimenty chebské i sokolovské pánve se ukládaly v subtropickém pásmu severní polokoule v období od eocénu do miocénu. Veliký vliv na vývoj těchto pánví měla vulkanická a postvulkanická činnost vázaná na ohárecký rift. V rámci vývoje těchto pánví lze vymezit dvě období: starší a mladší, přičemž obě poskytují záznam fosilních ryb.

Starší vývojové období se vyznačuje menším rozsahem jezera a jeho malou hloubkou. Rozprostíralo se hlavně v oblasti chebské pánve. Rybí fosilní záznam je poměrně chudý, se třemi druhy: *Esox* sp., *Palaeotincta egeriana*, *Leuciscus (Palaeoleuciscus) socoloviensis*. Nízkou diverzitu ryb mohly ovlivňovat životní podmínky nebo nižší taxonomická diverzita obecně.

Mladší vývojové období trvalo nepoměrně déle než starší a také rozloha jezera zasahovala do oblasti jak chebské, tak sokolovské pánve. Diverzita rybí fauny je výrazně bohatší, s taxony *Paleotincta egeriana*, *Leuciscus socoloviensis*, *Aphanius chebianus*, *Paralebias egeranus* a *Gobius* sp.

Složení rybích společenstev bylo ovlivňováno průtočností jezera, kontaminací sulfanem, meteorologickými podmínkami (zejména bouře) a salinitou - ta byla také ovlivňována vulkanickou činností a minerálními prameny v blízkosti vulkanických center a v neposlední řadě také odvodňováním jezera.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to present an overview of Miocene fish fauna of the lacustrine sediments in the Cheb and Sokolov Basins, geological settings of this area, and fish associations in individual biozones.

Sediments of Cheb and Sokolov Basins were deposited during time interval from Eocene until Miocene in the subtropical zone of the North hemisphere. Volcanic and post-volcanic activities of the Ohárecký rift influenced development of these basins. It's possible to define two time sections within development of these basins: early and later; both of them provide rich record of fossil fishes.

For the early period of the development is typical smaller range of the lake and its shallow depth. The relicts of this stage are limited to Cheb Basin mainly. Fish fossil record is limited, with three species only: *Esox* sp., *Palaeotınca egeriana* and *Leuciscus* (*Palaeoleuciscus*) *socoloviensis*. Low fish diversity could have been affected by poor living conditions or lower taxonomic diversity in general during this time.

The later developmental period was much longer. The lake was much bigger - it spread to Sokolov Basin also. The fish fauna diversity is much higher, including taxons *Paleotınca egeriana*, *Leuciscus* (*Palaeoleuciscus*) *socoloviensis*, *Aphanius chebianus*, *Paralebias egeranus* and *Gobius* sp.

It is possible to say generally that structure of the fish assemblages were affected by the flow rate of the lake, contamination of the water by hydrogen sulphide, weather conditions (with special effects of the storms), and salinity of the water (which was affected by volcano activity and mineral streams nearby to the volcanic centre). For completeness it is necessary also mentioned the drainage of the lake.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. GEOLOGICKÉ POMĚRY	2
2. 1 CHEBSKÁ PÁNEV	2
2. 1. 1 LITOSTRATIGRAFICKÉ JEDNOTKY	2
2. 1. 2. VÝVOJ CHEBSKÉ PÁNVE	6
2. 1. 3. VULKANISMUS V CHEBSKÉ PÁNVI	8
2. 2 SOKOLOVSKÁ PÁNEV	9
2. 2. 1. LITOSTRATIGRAFICKÉ JEDNOTKY	9
2. 2. 2. VÝVOJ SOKOLOVSKÉ PÁNVE	14
2. 2. 3. VULKANISMUS V SOKOLOVSKÉ PÁNVI	16
3. SYSTEMATICKÉ ZAŘAZENÍ.....	17
4. BIOZÓNY	23
4. 1. ZÓNA IA	23
4. 2. ZÓNA IB	24
4. 3. ZÓNA II.....	26
4. 4. ZÓNA III.....	28
4. 5. ZÓNA IV	29
4. 6. ZÓNA V	31
5. EKOLOGIE	33
5. 1. CHARAKTER JEZERA BĚHEM STARŠÍHO OBDOBÍ (ZÓNA IA)	33
5. 2. MLADŠÍ VÝVOJOVÉ OBDOBÍ JEZERA.....	34
5. 2. 1. MLADŠÍ STÁDIUM (zóna IB).....	34
5. 2. 2. MLADŠÍ OBDOBÍ (zóna II až V)	35
6. ZÁVĚR	41
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	43

1. ÚVOD

Chebskou i sokolovskou pánev lze zařadit mezi Podkrušnohorské pánve. Podkrušnohorské pánve tvoří soustavu několika samostatných tektonicky založených depresí, oddělených příčnými SZ-JV orientovanými hřbety krystalinika, případně tělesy vulkanitů (Pešek et al., 2010). Pánve vznikaly během platformního vývoje Českého masivu. K založení pánví došlo v tektonicky oslabené zóně v blízkosti staré variské sutury mezi tepelsko-barrandienskou oblastí a saxothuringikem, které spolu s permokarbonským a křídovým pokryvem tvoří nejčastěji podloží pánví (Pešek et al., 2010). Varisky zformovaná kůra zde byla ztenčena extenzí v předpolí alpského orogénu natolik, že došlo k obnově komunikace se svrchním pláštěm (Pešek et al., 2010). Podél tektonických linií VSV-ZJZ směru začala pronikat alkalická magmata - průniku magmat předcházela pokles křehké části kůry, která vyvrcholila během hlavní riftové fáze (eocén až miocén) uložením říčních a jezerních klastik s uhelnými slojemi, prokládanými místy polohami efuzivních vulkanitů nebo vulkanoklastických hornin. Ve spodním miocénu se zejména sokolovská pánev přibližuje do určité míry své dnešní podobě (Pešek et al., 2010).

Sedimenty obou pánví poskytují bohatý paleontologický záznam, přičemž ryby odtud byly poprvé popsány z nadloží sloje Antonín (rozšířena v chebské i sokolovské pánvi) Gustavem Laubem (1901; druh *Prolebias egeranus*). Na jeho studie navázala Kulawczyková (1957) - později pod jménem Obrhelová (1966, 1969, 1970, 1971, 1979, 1982, 1983, 1984).

V chebské a sokolovské pánvi sledovala Obrhelová s Obrhelem (1965, 1983b) paleoekologii a úložné poměry. Rybí zbytky studovali z Laubeho sběru, mnoho materiálu pak pochází z vrtného materiálu n. p. Geoindustria. V posledních letech se pak rybímu materiálu nalezenému v oblasti mého zájmu věnoval Gaudant (2009, 2013).

2. GEOLOGICKÉ POMĚRY

2. 1 CHEBSKÁ PÁNEV

Chebská pánev, patřící mezi podkrušnohorské pánve, se rozkládá mezi městy Cheb, Luby a Kynšperk nad Ohří. Plocha pánve je asi 270 km² (Pešek et al., 2010). Je to vrásová zlomová pánev s vnitřní složitou stavbou, která vznikla křížením oháreckého riftu směru SV-JZ s chebsko-domažlickým příkopem, který byl SSZ-JJV směru (Chlupáč et al., 2002). Výplň chebské pánve probíhala ve dvou hlavních časových úsecích. První období sedimentace probíhalo od eocénu až do spodního miocénu. Druhé období se uskutečňovalo od středního pliocénu do pleistocénu, na některých místech přetrvává sedimentace až do recentu (Pešek & Sivek, 2012).

2. 1. 1 LITOSTRATIGRAFICKÉ JEDNOTKY

Následující popis jednotlivých souvrství vychází zejména z Peška et al. (2010), není-li uvedeno jinak.

2. 1. 1. a. Starosedelské souvrství

Výplň chebské pánve tvořily nejstarší terciérní sedimenty s dobře zachovanou eocenní flórou. K těmto sedimentům patří černošedé písčité a slídnaté jíly s uhlonosnou příměsí a jemnozrnnými jílovitými písky. Mocnost těchto sedimentů dosahovala 10–20 m (Pešek et al., 2010). Tyto části sedimentární výplně byly zjištěny v hluboko zakleslých úzkých depresích v SZ části pánve u Velkého Luhu, mezi obcemi Velký Luh a Nový Kostel. Podle Svobody (1969), Bůžka et al. (1982), Konzalové (1987) a Knoblocha et al. (1996) byly v podloží sedimentů zachyceny sklovité tufity, které připouštějí možnost maarového původu depresí.

Sedimenty starosedelského souvrství tvoří výplň izolovaných depresí, které jsou původem tektonicko-vulkanického. Nachází se v západní části pánve a pokračují až do sokolovské pánve, kde jsou sedimenty tohoto souvrství tvořeny pískovci a křemenci. Sedimenty se nejspíše ukládaly v okolí horního toku řeky, tekoucím východním směrem do centrální části sokolovské pánve (Pešek et al., 2010).

2. 1. 1. b. Spodní jílovito-písčité souvrství

Vznik tohoto souvrství se datuje od oligocénu (chatt) až spodního miocénu (spodní aquitan). Výplň dosahuje mocnosti od několika metrů až do 50 m, maximální mocnost je místy až 75 m.

Souvrství je vyplněno blokovými šterky, šterkovitými písky, jílovitými písky a písčitými jíly. Hrubozrnná klastika jsou periodicky prokládána pestrobarevnými jílovitými splachy. U některých typů klastik došlo k sekundární pyritizaci, proželeznění a silifikaci. Celkově je jednotka méně prozkoumána a s výjimkou lokality Schirnding netvoří výchozy (informace pochází pouze z vrtů). Souvrství je pravděpodobně tvořeno heterogenními soubory vrstev, jejichž původ a stáří je různý. Dokazují to mikrofloristická společenstva oligocenního a miocenního stáří (Bůžek et al., 1982). Václ (1964) upozornil na hiát, který odděluje spodní jílovito-písčité souvrství od nadložního slojového souvrství. Vypovídá o tom také výskyt kaolinizovaných blokových šterků, nalezených na lokalitě Schirnding. Hiát nebyl ve vrtech většinou rozpoznán, protože litologie spodního jílovito-písčitého souvrství je do jisté míry podobná s hlavním slojovým souvrstvím, nelze tak vyloučit záměnu obou těchto jednotek.

Vývoj spodního jílovito-písčitého souvrství v chebské pánvi nese podobné rysy se sokolovskou pánví jak z hlediska tektonosedimentárního, tak i z faciálního a petrografického.

Izolované oligocenní deprese kruhového tvaru, se propojovaly do tektonicky omezených příkopů směru Z-V. Výplní těchto příkopů byly slabě vytríděné a strukturně nezralé sedimenty proluviálního původu a byly odvodňovány toky stejného směru.

2. 1. 1. c. Hlavní slojové souvrství

Souvrství vznikalo v období aquitanu až burdigalu. Vyplňuje největší část chebské pánve a to dvěma třetinami plochy. Sedimenty leží diskordantně na podloží. Souvrství alespoň zčásti přechází přes zvětralé svory a migmatity. Bezeslojné hřbety, které jsou tektonického původu, rozdělují morfologicky pánev na tři části pánve – deprese. První částí je pochlovická deprese na východě, druhou část tvoří na jihu odravská deprese a poslední část pánve je františkolázeňská na severozápadě, z které vybíhá úzký, tektonicky

omezený příkop, sahající západním až jihozápadním směrem do Německa. Uložení v první části pánve - pochlovické dosahují při zlomovém pásmu mocnosti až 50 m a z toho až 32 m je tvořeno hlavní slojí, která je rozdělena tenkými jílovými vložkami do tří lávek. Spodní lávka vyplňuje střed deprese a vyšší lávky zasahují na rozsáhlejší území, zčásti přesahují přes zvětralé krystalinikum. Podloží i nadloží sloje je tvořeno téměř v celé pánvi červenohnědými zbarvenými kaolinickými jíly často s organickou příměsí.

2. 1. 1. d. Cyprisové souvrství

Tato jednotka sedimentovala v období svrchního aquitanu až burdigalu. Cyprisové souvrství a hlavní slojové souvrství dohromady tvoří tektonosedimentární celek, který je oddělený v podloží skrytou diskordancí a v nadloží úhlovou diskordancí. Při mariánskolázeňském zlomu je maximální mocnost souvrství 170 m. Souvrství vznikalo ve třech faciích, které nemají výrazné hranice a jejich přechody jsou postupné.

Ve františkolázeňské a odravské části pánve je tzv. uhelná facie, jež je tvořena tmavými a uhelnými vrstevnatými jíly. Místy se vyskytují slídnaté a jemně písčité vrstvičky jílu. Mocnost této facie je až 20 m. Druhou facií je tzv. pestrá facie, vyskytuje se na jihu pánve a je mocná až 40 m. Pestrou facií tvoří vrstvy slídnatých písků a jílovců, kde se tyto pestré barevné vrstvy střídají, dále jsou zde polohy slínů a oolitických vápenců. Poslední facie tzv. jílovitá dominuje hlavně v pochlovické části pánve a je tvořena tenčí vrstevnatými, zelenošedými jílovcí s vložkami vrstev jílu a hnědošedých bitumenních jílovců. Ve faciích se vyskytují polohy pelokarbonátů, které jsou kalcitového, dolomitového a ankeritového složení. Sedimenty jílovité facie naznačují, že sedimentovaly v jezerním prostředí s převažujícími anoxickými podmínkami.

2. 1. 1. e. Vildštejnské souvrství

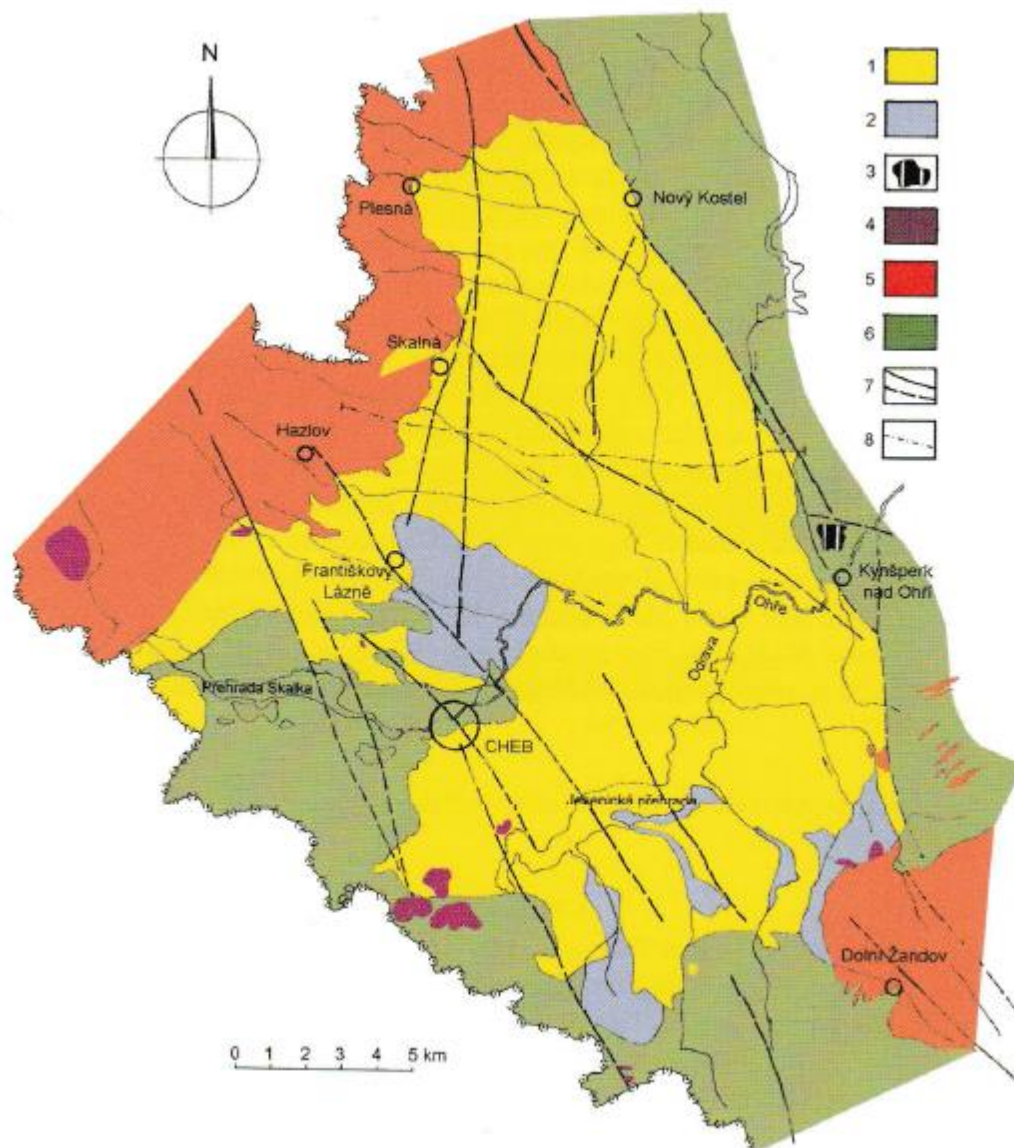
Souvrství pliocenního stáří, které nejspíše přesahovalo až do pleistocénu (Kvaček et al., 1987), se ukládalo asi po 12 mil. let trvajícím hiátu. Jednotka spočívá diskordantně na částečně erodovaném povrchu sedimentů cyprisového souvrství a také na starších jednotkách při okraji pánve. Její mocnost je při mariánskolázeňském zlomu přes 100 m. V období, kdy došlo k přerušení sedimentace, vznikly zvětrávací horizonty, které jsou pestře zbarvené a vyčníhají na povrch v oblasti mariánskolázeňského zlomu. Dalším

reliktem cyprisového souvrství je poloha zelených jíľů, dosahující mocnosti až 8 m. Souvrství je litostratigraficky děleno na vonšovské a novoveské vrstvy.

Vonšovské vrstvy tvořené modrošedými, strukturně zralými kaolinickými jíľy, získaly v oblasti Skalné mocnost až 8 m. Kaolinické jíľy z této oblasti mají příměs illitu a montmorillonitu, ale směrem k východnímu a severnímu okraji pánve se zvyšuje podíl písčité příměsi v sedimentech. Na severním okraji jsou jíľy vystřídány pestrobarevnými písčnými a štěrkovitými deluvii s úlomky svorů a fylitů, které dosahují mocnosti až 40 m.

Při bázi novoveských vrstev spočívá poloha tmavošedých až černých uhelných jíľů. U těchto jíľů se objevují slídnato-vápenaté laminy, které jsou charakteristické právě pro novoveské vrstvy. Může u nich převažovat xylitická složka, vlivem které dochází ke vzniku až 4 m mocné vrstvy mourovitého uhlí (Václ, 1977, 1979). Nad vrstvou tvořenou jíľovitým uhlím je poloha jíľů, která má pohyblivé množství prachové a písčové složky. Jíľová složka v sedimentech je kaolinitová, hrubší a není tak strukturně zralá, jak tomu je u vonšovských vrstev. Směrem do nadloží se zvyšuje obsah písčité složky, vyšší část novoveských vrstev tvoří hrubší, okrově hnědošedé, diagonálně zvrstvené písky, jíľovité písky, železité pískovce, štěrkovité písky, písčité štěrky, štěrky a slepence s vložkami jíľů.

Na jednotce chybějí hiáty, zvětrávací a půdní horizonty, ale vyskytuje se tu velké množství diastém a erozních rozhraní vrstev.



Obrázek 1: Geologická mapa chebské pánve. Převzato z Peška et al. (2010).

1 – vildštejnské souvrství, 2 – cyprisové s., 3 – hlavní slojové s., 4 – bazické vulkanity, 5 – granitoidy, 6 – metamorfované krystalinikum, 7 – zlomy zjištěné a předpokládané, 8 – linie geologického řezu

2. 1. 2. VÝVOJ CHEBSKÉ PÁNVE

Během oligocénu se podkrušnohorské pánve, kam řadíme i chebskou pánev, vytvářely jako součást struktury směru ZJZ-VSV. V miocénu se ve větší míře projevovaly zlomy, které byly SSZ-JJV směru. Tektonický obraz pánve je důsledkem její polohy na křížení dlouhodobě aktivních zlomu oddělujících různě staré bloky krystalinika. Docházelo

k opakovaným tektonickým pohybům, které byly způsobeny změnou orientací napětí. Podél zlomů se projevovaly horizontální a radiální posuny, ke kterým docházelo v různých obdobích a během času mohlo dojít ke změně smyslu zlomu. Strukturně tektonické modely pánve se od jednotlivých autorů liší, neboť většina zlomů v chebské pánvi je pouze hypotetických [např. podle Václa (1979) byla pánev interpretována jako mozaika tektonických ker, navzájem oddělených zlomy mnoha směrů].

Při vývoji pánve v oligocénu a spodního miocénu se vytvářel obrys pánve vlivem radiálních poklesových zlomů, které měly směr ZJZ-VSV. Utváření obrysu probíhal hlavně v části odravské a františkolázeňské včetně františkolázeňského koridoru. Terciární výplň je zde segmentována do krátkých, téměř rovnoběžných příkopů V-Z směru. Vznikly pravděpodobně propojením kónických depresí. Aktivní zlomy měly poklesový, extenzivní charakter a oddělovaly příkopy od hrástí, tyto zlomy přiváděly bazická alkalická magmata, která se šířila i mimo území chebské pánve. Příčné hřbety oddělují synsedimentární aktivní deprese, nejznámější je nebanicko-sooský hřbet. Deprese vytvořené během oligocénu a miocénu v pochlovické části pánve mají většinou oválný tvar a řadí se především do směru mariánskolázeňského zlomu.

V pliocénu byla chebská pánev utvářena především mariánskolázeňským zlomem, který se projevil už v miocénu, kde neměl takový význam. Mariánskolázeňský zlom byl východní okrajový zlom SSZ-JJV směru, na němž docházelo jak k radiálním pohybům, tak došlo k levostrannému horizontálnímu posunu (Špičáková et al., 2000; Václ, 1979). Při radiálním pohybu došlo ke zdvihu východní kry, kde se vynořuje na povrch krystalinikum krušnohorské a slavkovské a také k poklesu západní kry, na které sedimentovaly pliocenní až pleistocenní sedimenty. V ostatních úsecích pánve však mariánskolázeňský zlom zřetelně stranově neporušuje průběh struktur krystalinika ani terciéru. Diagonální až extenzivní zlomy, vybíhající z mariánskolázeňského zlomového pásma mají strukturu „koňského ocasu“ (Špičáková et al., 2000), těmto zlomům s horizontální i radiální složkou se uzpůsobily směry vodních toků (Lippold, 1928), pliocenní, pleistocenní a holocenní sedimenty a výstupní cesty proplyněných minerálních vod (Koudelková, 1995). Zlomy s kombinovanou radiální a horizontální složkou pohybu jsou patrné na odkryvech ve vildštejnském souvrství a v granitech smrčinského plutonitu.

2. 1. 3. VULKANISMUS V CHEBSKÉ PÁŇVI

Vulkanismus v chebské pánvi probíhal ve čtyřech fázích, nejstarší fáze vulkanismu je pravděpodobným ekvivalentem chodovských vrstev sokolovské pánve. Vulkanická centra z této fáze jsou známá z oblastí u Slapan, u Horních Loman, východně od Skalné a severně od Nebanic (Václ, 1964).

Vulkanické výlevy jsou bazaltoidního puklinového charakteru a vytváří vulkanity o mocnostech až 21 m, mohou se objevovat polohy tufů a tufitů. První fáze je vázána na spodní jílovito-písčité souvrství.

Druhá fáze odpovídá nejspíše těšovickým vrstvám sokolovské pánve. Během vulkanismu se zároveň ukládalo hlavní slojové souvrství, jehož spodní část je prostoupena vulkanosklasty a bazaltoidní efuzí.

Při třetí fázi došlo k explozi JV od Chebu, která dala vzniku diatrémy v oblasti Podhrad, později se přes vulkanické těleso uložilo vildštejnské souvrství.

Čtvrtá fáze se centralizovala v chebsko-domažlickém příkopu SSZ-JJV směrem. Období vulkanismu probíhalo v pleistocénu a došlo k významným explozím Komorní Hůrky a Železné Hůrky.

2. 2 SOKOLOVSKÁ PÁNEV

Sokolovská pánev je jedna z podkrušnohorských pánví, která se nachází v severozápadní části na území okresů Sokolov a Karlovy Vary. Rozloha této pánve je 312 km². Její stavba je vrásově zlomová, je protažena ve směru oháreckého riftu a z obou stran je tektonicky ohraničena. Na severu je omezená krušnohorským zlomem a na jihu zlomem oháreckým, který odděluje pánev od Slavkovského lesa a Tepelské vrchoviny. Na západě je oddělena krystalinickým hřbetem Chlumu sv. Máří a z východní strany je oddělena od severočeské pánve krystalinickým hřbetem oháreckého riftu, který je překryt vulkanity Doupovských hor.

2. 2. 1. LITOSTRATIGRAFICKÉ JEDNOTKY

Následující popis jednotlivých souvrství vychází zejména z Peška et al. (2010), není-li uvedeno jinak.

2. 2. 1. a. Starosedelské souvrství

Nejstarší souvrství, ve kterém se sedimenty ukládaly už před koncem eocénu. Transportním médiem byla nejčastěji voda z říčních toků, ty byly mělké a vlévaly se do jezera, kde pertikule sedimentovaly prostředí delty. Tuto sedimentaci dokazuje šikmé a křížové zvrstvení v okolních horninách. V sedimentech ve starosedelském souvrství převažují hlavně kaolinitické jíly, jíly, písky, pískovce, štěrky a slepence s mocností okolo 40 m. Sedimenty tohoto souvrství se označují dobrým vytříděním a vysokou strukturní zralostí, rozdělujeme je do dvou cyklů, které se zjemňují směrem do nadloží.

Spodní cyklus je tvořen hrubšími klastiky a je ukončen černými pískovci zbarvených jemně zuhelnatělou rostlinou drtí. Svrchní cyklus je tvořen jemnozrnějšími sedimenty a je plošně rozsáhlejší. Pod oběma cykly se vyskytují silicifikované pískovce a slepence, které nám naznačují, že došlo k přerušení sedimentace jak mezi cykly tak i na svrchní části starosedelského souvrství. Během hiátu došlo podél některých zlomů k hydrotermální krystalizaci pyritu, barytu, arzeničnanů a oxidů železa.

V sedimentech se vyskytuje i ve větším množství fosilní flóra, která je podle Knoblocha et al. (1996) svrchnoecenního stáří s archaickými prvky (např. kapradina *Protopteris*).

Docházelo k rozvoji bukovitých (*Eotrigonobalanus furcinervis*) a vavřínovitých stromů (*Daphnogene cinnamomea*). Dalšími nálezy byly listy palem (*Calamus, Salab*), které potvrzovaly svrchnoeocenní stáří. Nálezy pochází především z pískovců.

2. 2. 1. b. Novosedelské souvrství

Souvrství nasedá po výrazném hiátu na starosedelské souvrství. Jednotka je oligocenního stáří, jen nejsvrchnější části pochází ze spodního aquitanu. Hranice mezi podloží i nadloží je diskordantní. Omezení souvrství je doprovázeno strukturními změnami ve stavbě území, změnou klimatu, denudací a zvětráváním. Vlivem těchto proměn došlo ke změně litologie, textur, mineralogického a chemického složení hornin a změnou paleontologického obsahu v horninách. Zpočátku tato depozita vyplňovala mělké deprese, které vznikaly na kaolinicky zvětralých svorech, pararulách a granitech. Společným znakem novosedelského souvrství je opakování vulkanogenních hornin a sedimentů, k jejichž ukládání docházelo během tektonicky vyvolané subsidence. Souvrství se skládá z několika vrstevních jednotek, ty se po sobě opakují nebo dochází k jejich prolínání.

V rámci novosedelského souvrství vyvinutého v sokolovské pánvi lze rozdělit několik vrstevních celků, jako davidovské, josefské a chodovské vrstvy.

2. 2. 1. b. I. Davidovské vrstvy

Davidovské vrstvy vznikaly během oligocénu. Jsou nejstarší jednotkou a začíná jimi vrstevní sled novosedelského souvrství. Působením tektonických pohybů se jednotka rozšířila i do oblastí, kde se sedimenty starosedelského souvrství autochtonně neukládaly. Po hiátu jsou od staršího souvrství odděleny skrytou diskordancí.

Vrstvy jsou tvořeny svahovými sedimenty, které se ukládaly v cyklech a jejich mocnost je různá. Hlavní sedimentace leží na bázi novosedelského souvrství a její mocnost je až 60 m. Menší tělesa stejného petrografického složení byla vklíněna do sedimentů josefovských vrstev a do chodovských vrstev. Tělesa dosahují mocnosti až 16 m. Vrstvy představují nevytřídněná klastika charakteristická stěrkovito-písečnými kaolinickými jíly až jílovitými štěrky. V této jednotce se vyskytují nejstarší stopy vulkanické příměsi v celé sokolovské pánvi (např. výskyt bentonitu v podloží sloje Josef).

2. 2. 1. b. II. Josefské vrstvy

Oligocenní josefské vrstvy nasedají na davidovské vrstvy konkordantně. Směrem do nadloží dochází ke zjemnění zrnitosti, ztrátě písčitosti sedimentů, zvýšení stupně vytřídění a objevuje se tu deskovitá až laminovaná vrstevnatost. V linii Habartov – Svatava mají vrstvy úplný stratigrafický profil a dosahují zde největších mocností. Vrstvy jsou mocné 20 m, z toho až 16 m zaujímá uhelná sloj Josef. Vrstevní jednotka je tvořena několika druhy uhlí a vyskytují se tu i tenké polohy kaolinicky zvětralých tufů a tufitů. Nálezy fosilní flóry jsou v menším množství a jsou tvořeny především rodem *Taxodium*, platanem (*Platanus neptuni*) a bukovitých stromů rodu *Eotrigonobalanus*.

2. 2. 1. b. III. Chodovské vrstvy

Chodovské vrstvy jsou nejsvrchnější vrstevní jednotkou, která se ukládala na hranici oligocénu a miocénu. Na podložních vrstvách leží chodovské vrstvy konkordantně a do nadloží sokolovské pánve hraničí diskordantně. Vrstvy jsou tvořeny jemnozrnnými uhelnatými bažinnými a nivními sedimenty. V centrální části pánve na lomech Jiří a Družba mají vrstvy největší mocnost 25–50 m. V chodovských vrstvách převládá vulkanoklastický materiál, jehož zdrojem byly vulkanické systémy Doupovských hor, jejich přírodní dráhy byly zlomové struktury. Vulkanoklastický materiál byl tvořen hlavně z tufů a aglomerátů, vzácněji byl tvořen z tufitů. Chodovské vrstvy jsou důkazem prvního ze dvou vrcholů vulkanické a tektonické činnosti, které způsobily změnu geomorfologie pánve.

2. 2. 1. c. Sokolovské souvrství

Sokolovské souvrství vznikalo v eggenburgu, je to druhá jednotka odrážející intenzivní extenzi pánve, která byla spjatá s vulkanismem. Skrytá diskordance odděluje sokolovské souvrství od podložní jednotky. Tato diskordance je vyznačena erozní plochou a ostrou litofaciální změnou a změnou v paleontologickém obsahu uloženin a strukturní přestavbou území. Nadložní cyprisové souvrství je od sokolovského odděleno konkordancí. Společným znakem pro celé souvrství je opakující se ukládání hornin vulkanického původu a sedimenty vzniklé během tektonicky vyvolané subsidence.

Největší mocnosti souvrství je v okolí vulkanických center Doupovských hor, kde dosahují až 300 m. V sokolovském souvrství je několik litostratigrafických členů, které se opakují, prolínají a jejich hranice jsou jen stěží korelovatelné.

V rámci sokolovského souvrství vyvinutého v sokolovské pánvi lze rozdělit několik vrstevních celků jako, habartovské vrstvy, anežské vrstvy, těšovické vrstvy a antonínské vrstvy.

2. 2. 1. c. I. Habartovské vrstvy

Tvoří bázi sokolovského souvrství a jsou miocenního stáří na stupni aquitan. S podložními vrstvami jsou odděleny diskordantní hranicí. Sedimenty jsou tvořeny arkózovitými písky až drobnozrnnými štěrky a písčito-prachovitými jíly. Mocnost těchto sedimentů dosahuje až 35 m a prostupují i do ostatních vrstev v souvrství. Nejlépe vytríděné jsou nejčastěji střednozrnné pískovce, které se vážou na tektonickou poruchu lipnického zlomu, ale objevují se i v jiných částech pánve. Habartovské sedimenty jsou bohaté na organickou hmotu, které mohou tvořit až tzv. meziložní sloje.

2. 2. 1. c. II. Anežské vrstvy

Anežské vrstvy se vyskytují převážně v okrajových částech pánve. Hranice mezi podložní i nadložní jednotkou je konkordantní. Hnědé uhlí saprodetrického až liptodetrického typu je hlavní horninou převládající v této jednotce. Mocnost jednotky je až 16 m, ale velkou část jednotky zaujímá sloj Anežka s mocností 3–12 m. Sloj Anežka je od sloje Antonín oddělena habartovskými nebo těšovickými vrstvami, pouze v centrální části pánve obě sloje splývají.

2. 2. 1. c. III. Těšovické vrstvy

Těšovické jsou výsledkem druhého ze dvou vrcholů vulkanické a tektonické aktivity, které měly za následek změnu geomorfologie pánve. Jednotka nasedá na nadloží anežských vrstev, ale také prostupuje do antonínských a habartovských vrstev. Nejvyšších mocností dosahuje jednotka na západním úpatí Doupovských hor, což je asi 260 m. V této oblasti došlo vlivem lávových proudů na rozdělení sloje Antonín do slojí I a II. Mezi slojí I a II jsou

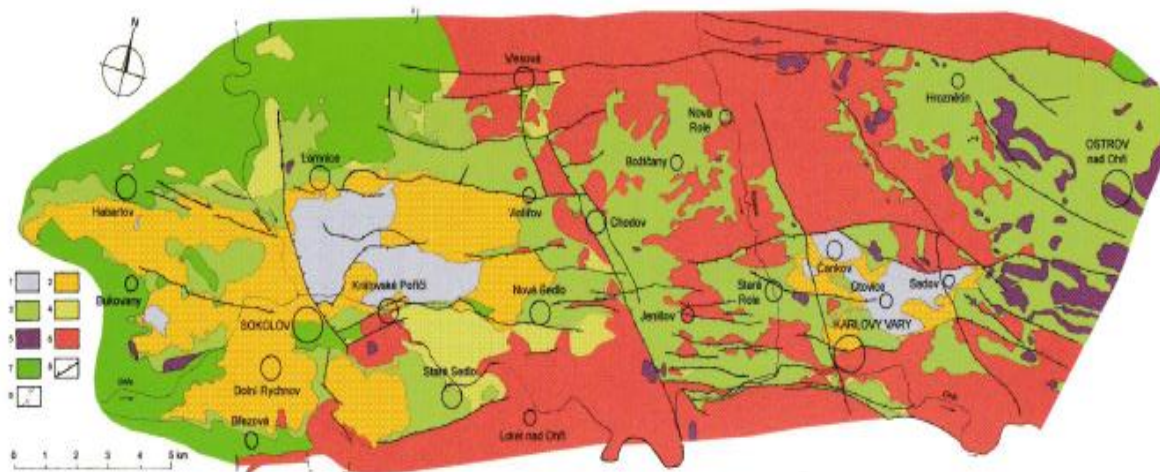
až 100 m mocná vulkanoklastika. Jednotka je tvořena především alterovanými bazickými vulkanity a pyroklastiky a může být prokládána vrstvou uhelnatých jílu až uhlí.

2. 2. 1. c. IV. Antonínské vrstvy

Antonínské vrstvy jsou nejmladší jednotkou v novosedelském souvrství. Spodní část vrstev se přerušovaně střídá s habartovskými, těšovickými a anežskými vrstvami. Hranice oddělující antonínské vrstvy od nadložního cyprisového souvrství je konkordantní. Mocnost jednotky dosahuje 27–41 m. Vrstevní sled začíná kaolinickými jíly, dále pokračuje střídáním uhelnatých jílu a jílovitého detritického uhlí. Směrem do nadloží se zvyšuje podíl uhlí a vzniká sloj Antonín. V antonínských vrstvách byly nalézány četné pozůstatky fosilní flóry. K těmto nálezům patří zbytky dřev borovic a tisovcovitých. Ve sloji Antonín byla prokázána přítomnost palynomorfů rodů *Alnus*, *Betula* a *Carya*.

2. 2. 1. d. Cyprisové souvrství

Nejmladší jednotka v celé sokolovské pánvi. Název cyprisové pochází od vodního živočicha ostrakóda *Cypris augusta*. Na hranici mezi cyprisovým souvrstvím a antonínskými vrstvami jsou sedimenty uloženy konkordantně. Mocnost souvrství je v centrální části pánve 182 m. Je tvořeno modrošedými a hnědošedými bitumenními jíly a vyskytují se zde i „cyprisové břidlice“. Čankovské písky známé z otovické části pánve jsou považovány za samostatný litostratigrafický člen v cyprisovém souvrství. Čankovské písky jsou tvořeny z okrově žlutohnědých, diagonálně zvrstvených písků, pískovců a slepenců, jejich mocnost dosahuje až 30 m. Zejména z této jednotky pochází četné nálezy rybí fauny, kterou souborně charakterizovali z hlediska paleoekologie (J. Obrhel & Obrhelová, 1987). Mezi nálezy patří *Palaeotınca egeriana*, *Leuciscus socoloviensis*, *Aphanius chebianus*, *Paralebias egeranus* a *Gobius* sp.



Obrázek 2: Odkrytá geologická mapa sokolovské pánve. Převzato z Peška et al. (2010).

1 – cyprisové souvrství, 2 – 4 souvrství; 2 – sokolovské, 3 – novosedelské, 4 – starosedelské, 5 – bazaltoidy, 6 – granity, 7 – metamorfity krystalinika, 8 – zlomy zjištěné a předpokládané, 9 – lokalizace řezu

2. 2. 2. VÝVOJ SOKOLOVSKÉ PÁNVE

Vývoj sokolovské pánve byl ovlivněn zejména během alpinské orogeneze. Každá diskordance změnila směr sedimentace a zároveň způsobila zvýšení četnosti puklinových systémů. Starosedelské souvrství bylo poměrně nezávislé v této orogenezi, ačkoliv v centru lze spatřit zárodky deprese mírně protažené V-Z směrem. Uloženiny této jednotky byly v následném hiátu porušeny puklinami, jež naznačují, že hlavní složka napětí přicházela z JZ směru, což odpovídá starosávské fázi alpinské orogeneze (Pešek et al., 2010).

Osa sedimentace novosedelského souvrství značí průběh ve směru Z-V (90°) a následné deprese vytvářejí kulisovité struktury směru cca 80° . V průběhu hiátu po uložení novosedelského souvrství vznikly puklinové systémy, které poukazují na směr hlavního napětí od ZJZ, tj. sávské fázi. Osy sedimentačních depresí miocenního sokolovského a cyprisového souvrství, tím získaly směr blízký Z-V v úhlu 80° , ale řadí se do nadřazeného celku krušnohorského směru ZJZ-VSV (67°). Tyto souvrství jsou prostoupeny puklinovými systémy, které poukazují posuny vektoru hlavního napětí postupně od J a JJV, což poukazuje štyrskou fázi. Současné morfologii pánve je nejznačnější krušnohorský směr s

napětím od JJV. Tyto fakta poukazují na změnu směru o 90° tj. ZJZ-VSV do JJV-SSZ, čímž umožnila cirkulaci vod, hydrotermální a seismickou aktivitu.

Sokolovská pánev byla rozčleněna během spodního miocénu a oligocénu do synsedimentárně aktivních depresí zejména ve směru blízkého Z-V v úhlu 80°. Orientace byla ovlivněna zděděnými strukturami od krystalinika. Protažení sedimentačních depresí je paralelní se směry zlomů a vulkanických trhlin (Pešek & Sivek, 2012).

Všechny deprese byly synsedimentárně aktivní již v oligocénu až spodním miocénu. Jejich původní omezení bylo velmi podobné dnešním částečně erodovaným pozůstatkům. Jednotlivé části jsou odděleny hřbety s výchozy krystalinika, granitů a terciérních vulkanitů. Dílčí hřbety obsahují sedimentační stíny s mělkým uložením a vysokou kvalitou uhelných slojí. Podélné hřbety oddělují hlavní sedimentační osu pánve, která obsahuje rychnovskou, starosedelskou a jenišovskou částí. Nejdůležitější hřbety predisponovaly příčné zlomy ve vítkovské hrásti Vítkov-Sokolov pokračujícím ve směru Svatava-Boučí, hornberským hřbetem Hry-Chranišov-Vintířov-Horní Rozmyšl a hřbet Strážiště, Mezirolí-Fojov. Podélné a místy i příčné hřbety sloužily jako přivody vulkanitů a hydroterm. Tektonické pohyby je částečně přetvořily do automorfních hrástí. Zlomy sokolovské pánve zdůrazňují okraje a členění do depresí a hřbetů. Ty byly aktivní po větší část existence pánve jako široké tektonické zóny, na niž během času v mnoha fázích docházelo k vyrovnávání napětí a pohybům protichůdného smyslu (Pešek et al., 2010).

Zóny vyvlečení, flexur a vrás jsou v této oblasti mnohem častější, než disjunktivní struktury. Některé zlomy nejsou prokazatelně prokopírovány do plastických terciérních depozit, což opodstatňuje hypotézu o kerné vrásové stavbě podkrušnohorských pánví (Moschelesová, 1923). Všechny zlomy oboustranně stupňovitého prolomu vykazují obdobný tektonický styl. Terciérní sedimenty klesajících ker jsou strmě vyvlečeny až převráceny. Paralelně s vyvlečenými vrstvami terciéru probíhají hlavní zlomy, které zasahují do křehkých metamorfovaných hornin, či granitů. Povrch zvětralého krystalinika a karlovarského plutonu tvoří členitý a zmlazený reliéf, což silně kontrastuje s raně oligocenní parovinou v podobě zarovnaných povrchů, které jsou zachovány na okolních pohořích. Během těžby sloje v lomu Medard byly odkryty charakteristické izolované deprese kruhového až eliptického obrysu s trychtýřovitým profilem. Průměr byl zjištěn až ve stovkách metrů s hloubkou až 50m se sklonem svahů cca 10°. Výplň těchto depresí se

sestává z oligocenních sedimentů v úplném vývoji a maximálních mocnostech z dob počátku formování pánve.

2. 2. 3. VULKANISMUS V SOKOLOVSKÉ PÁNVI

Oblast Sokolovské pánve je oblastně, časově a geneticky svázaná s vulkanismem, neboť leží v ose vulkanicko-tektonické zóny, která je mnohonásobně širší než vlastní pánev. Podíl vulkanogenních hornin na složení terciérní výplně je asi 55%. Tvoří je zejména lávové příkrovy, alterované pyroklastiky a redeponovanými alternovanými epiklastiky, obsahující reliktní struktury primárních hornin. Hlavním zdrojem vulkanického materiálu byly systémy v západní části Doupovských hor. Jako další zdroje byly izolovaná vulkanická centra na území sokolovské pánve a blízké části Krušných hor, Tepelské vrchoviny a Slavkovského lesa. Zlom v oblasti Krušných hor byl v oligocénu a miocénu vulkanicky aktivní zejména v hrozetínské části pánve. Tato linie se vyznačuje zonálním složením láv. V koncových částech se nacházejí ultrabazické horniny blízké polzenitům, přičemž prostřední efuziva obsahují kyselejší alkalické lávy nefelinického bazanitu. Vulkanické procesy podstatně ovlivnily tvorbu uhelných slojí pozitivně vytvářením sedimentačních depresí a stínů a negativně zatlačováním rašelinišť pyroklastickými spády, gravitačními proudy, štěpením slojí, diapirickým pronikáním vulkanického materiálu do nadložních vrstev rašeliny a kontaminací tefrou. Uhlenná hmota a uhlotvorné močály v prostředí ukládaných vulkanoklastik měla vliv na intenzitu následných alterací a na odbarvení pestrých vrstev. V závěru vulkanické činnosti došlo k výlevu bazické lávy u Těšovic a k utěsnění výbuchového hrdla fragmentovanou lávou s hojnou krystalovou fází.

3. SYSTEMATICKÉ ZAŘAZENÍ

Systematické zařazení se opírá o Nelsona (2006).

Nadtřída: Osteichthyes

Třída: Actinopterygii

Nadřád: Teleostei

Řád: Esociformes

Čeleď: Esocidae

Rod: *Esox* Linnaeus, 1758

Druh: *Esox* sp.

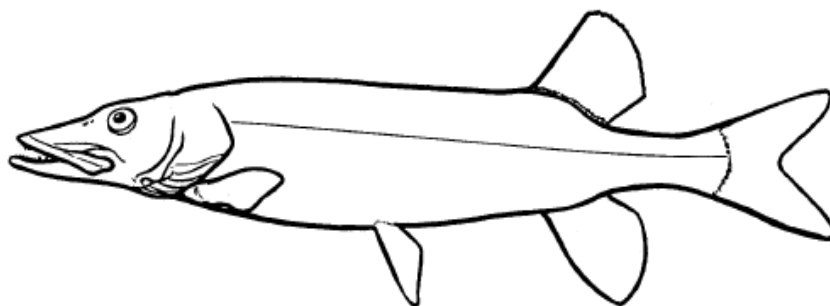
POPIS:

Zbytky štik jako *Esox* sp. byly nalezeny v západní části chebské pánve (Obrhelová, 1969). V této oblasti byly v období spodního miocénu největšími predátory. Žily spíše u dna, kde vyhledávaly různé kamenné úkryty. Jejich životní podmínky byly analogické s recentními štikami. Ačkoliv se štiky adaptovaly k euryhalinnímu způsobu života, tak neustále se zvyšující se salinita měla za následek vyhynutí těchto ryb (Obrhelová & Obrhel, 1983b).

ROZŠÍŘENÍ A NÁLEZY:

Pocházejí ze severní polokoule, na našem území žily v asociaci s *Paleotınca egeriana* a *Leuciscus (Palaeoleuciscus) socoloviensis* v zóně IA (Obrhelová & Obrhel, 1983a).

Nálezy jsou známy z vrtů ve Františkových Lázních, Třebeni, Jindřichovic, z okolí Dolních Dvůrů a Chvoječné (Obrhelová & Obrhel, 1983a).



Obrázek 3: Zástupce čeledi Esocidae. Podle Nelsona (2006).

Řád: Cypriniformes

Čeleď: Cyprinidae

Rod: *Leuciscus* Cuvier, 1816

Podrod: *Palaeoleuciscus* Obrhelová, 1969

Druh: *Leuciscus (Palaeoleuciscus) socoloviensis* Obrhelová, 1969

POPIS A POZNÁMKY:

Ryby žijící v jezeře se stabilními podmínkami, bez zóny sulfanu u bahnitého dna, bohaté na živiny, s čistou a teplou vodou. Později docházelo v jezeře k výkyvům salinity, kterým se *Leuciscus (Palaeoleuciscus) socoloviensis* v určité míře přizpůsobil (Obrhelová, 1971).

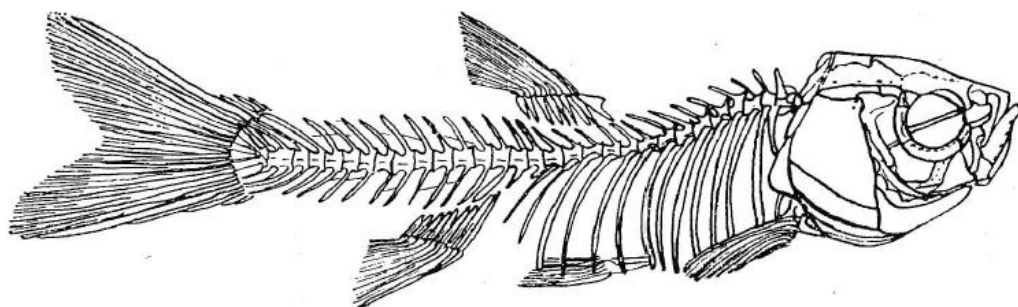
Dospělci dorůstali až 12 cm. Tělo mělo vřetenovitý tvar a bylo tak uzpůsobené k rychlým pohybům ryby (Obrhelová, 1969).

Pravděpodobně byla skladba potravy analogická s recentními druhy ryb, požíraly menší organismy u dna. Jejich časté nepřátelé byli mimo vodní prostředí ptáci a hmyz požírající larvy ryb (Obrhelová, 1994).

Bylo nalezeno poměrně velké množství rybích zbytků, které měly různé rozměry, tudíž lze předpokládat, že ryby žily ve velikých hejnech (Obrhelová & Obrhel, 1983b).

ROZŠÍŘENÍ A NÁLEZY:

Rod byl rozšířen v chebské a sokolovské pánvi v zóně IA, IB, II cyprisové série. Nálezy pochází z lokalit Dolnice u Chebu, Milhostov u Chebu, Pochlovice u Kynšperku, doly – Dukla, Medard, Gustav, Jednota u Sokolova (Obrhelová, 1985).



Obrázek 4: Druh *Leuciscus (Palaeoleuciscus) socoloviensis*. Podle Obrhelové (1969).

Rod: *Palaeotınca* Obrhelová, 1970

Druh: *Palaeotınca egeriana* Obrhelová, 1970

POPIS A POZNÁMKY:

Palaeotınca dosahovaly větších rozměrů, než rod *Palaeoleuciscus*, ale přesto nedorůstaly takových rozměrů jako dnes žijící líní (*Tinca tinca*), kteří dosahují až 60 cm (Obrhelová, 1970). Ryby žily v analogických podmínkách jako dnešní líní, obývaly vody, kde hodnota pH dosahovala středních hodnot, vody byly čisté a s mírným proudem. Docházelo k výkyvům kyslíku, ale líní se poměrně rychle adaptovali na tyto podmínky a tolerovali i vody s nižším obsahem kyslíku. Fosilie jsou známy z mnoha exemplářů, ale společenstvo jako celek bylo výrazně chudší (Obrhelová & Obrhel, 1983a).

ROZŠÍŘENÍ A VÝSKYT:

Vyskytovaly se v zóně IA v západní části chebské pánve (vrty n. p. Geoindustria ze 70. let) Skyřice u Mostu, Františkovy Lázně, Třebeň, Jindřichovice, okolí Dolních Dvůrů a Chvoječná (Obrhelová & Obrhel, 1983a).

Řád: Cyprinodontiformes

Čeleď: Cyprinodontidae

Rod: *Aphanius* Nardo, 1827

Druh: *Aphanius chebianus* (Obrhelová, 1985)

POPIS A POZNÁMKY:

Druh byl původně klasifikován v rodu *Prolebias* (Obrhelová, 1985), ale Gaudant (2009) ukázal jeho příslušnost k rodu *Aphanius*. Rod *Aphanius* vykazuje velkou podobnost s *Prolebias cephalotes* pocházejícího z oligocénu z oblasti Aix-en-Provence, Francie (Gaudant, 2009).

Malé rybky dosahující maximálně 4 cm. Obývaly převážně bezodtoké kontinentální jezero, jež se rozkládalo na dnešním území chebské pánve, ale nejspíše také i na části území dnešní sokolovské pánve. Vlivem vysoušení jezera a zvyšující se salinity nedovolovalo těmto rybám žít u dna pobřeží.

Strukturu složení populace tvořila velká množství jedinců přibližně stejně velkých. Jedinci dorůstajících menších nebo větších rozměrů jsou poměrně vzácné. Reprodukční schopnost těchto ryb byla obrovská. Ze struktury složení populace, která byla nalézána, vyplývá úhyn ryb přibližně stejně velkých a tím pádem pravděpodobně i stejně starých. K úhynu mohlo docházet po tření a mohl se periodicky opakovat. Ke tření nejspíše docházelo v porostech *Riccia*, kde pravděpodobně žila také nejmladší individua. Podle rozměrů ryb se domníváme, že jejich životní cyklus nebyl dlouhý (Obrhelová, 1985).

Potrava byla pravděpodobně velmi drobná, mohla být až planktonní (soudě dle velikosti ústního otvoru). Ve vodním prostředí neměli dospělci přirozené nepřátele, ale potěr mohl být huben vodním hmyzem (Obrhelová, 1985).

ROZŠÍŘENÍ A NÁLEZY:

Druh rozšířený v chebské pánvi, zóna III cyprisové série v období ottnangu až karpátu. Druh je znám pouze z vrtů n. p. Geoindustria v blízkosti Povodí, Třebeně, Hartoušova, Milhostova, Wernerova mlýna, Kačerova, Starosti, Jindřichova, Obilné, Dřenic, Mlýnku, Nové Vsi, Děvína, Vackovce a Doubravy (Obrhelová, 1985).



Obrázek 5: Druh *Aphanius chebianus*, NMP Pc 2718, lokalita Povodí (chebská pánev).

Podle Gaudanta (2009).

Čeleď: Poeciliidae

Rod: *Paralebias* Gaudant, 2013

Druh: *Paralebias egeranus* (Laube, 1901)

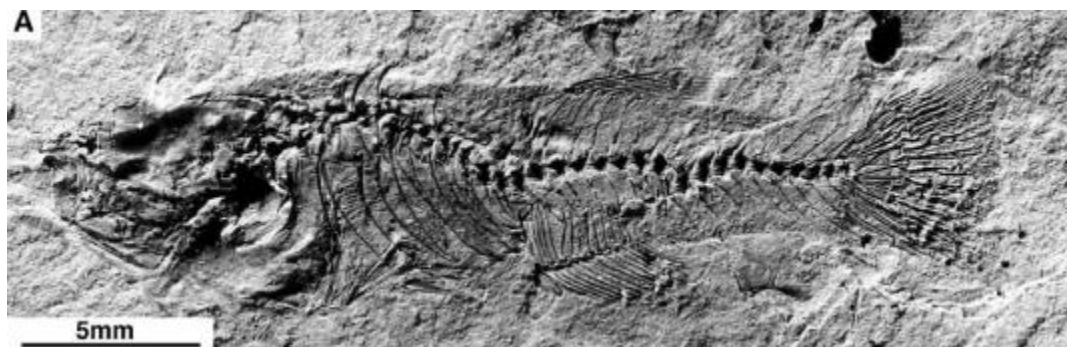
POPIS A POZNÁMKY:

Podle nejnovější studie ustanovil Gaudant (2013) nový rod *Paralebias*, kam zařadil exempláře původně klasifikované jako *Prolebias egeranus* (Laube, 1901; Obrhelová, 1985).

Ryby malých rozměrů, nejčastěji 30–35 mm, ale mohly dorůstat až 60 mm. Jejich tělo bylo zavalité, krátké s malými výškovými rozdíly. Nároky na životní podmínky, strukturu složení populace a způsob života mají velmi podobné s *Aphanius chebianus* (Obrhelová, 1985).

ROZŠÍŘENÍ A NÁLEZY:

Pochází z období karpátu, zóny IV cyprisové série. Druh byl rozšířen v chebské pánvi. Materiál je znám z vrtů n. p. Geoindustria (70. léta) z lokalit Mlýnek, Nová Ves, Kateřina, Děvín, Starost, Vackovec, Doubrava, Povodí, Třeběň, Hartoušov, Milhostov, Kačerov, Hrzín, Nový Kostel, Jindřichov, Dolní Dvory, Skalná (Obrhelová, 1985).



Obrázek 6: Druh *Paralebias egeranus*, NMP Pc 1882, lokalita Kačerov (chebská pánev).
Podle Gaudanta (2013).

Řád: Perciformes

Čeleď: Gobiidae

Rod: *Gobius* Linnaeus, 1758

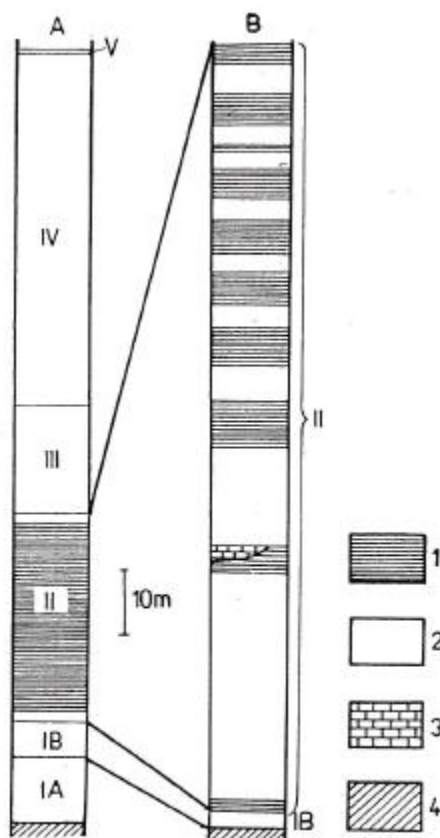
Druh: *Gobius* sp.

POZNÁMKA:

Limitované množství materiálu z vrtu Mlýnek, jeho zachování a obecné komplikace týkající se klasifikování fosilních gobiidů (Přikryl, ústní sdělení) nedovolují bližší zařazení. Zbytky tohoto taxonu jsou známy z biozóny V cyprisové série (Obrhelová & Obrhel, 1983a).

4. BIOZÓNY

Základní rozčlenění na biozóny rybí fauny se opírá o práce Obrhelové a Obrhela (1983), není-li uvedeno jinak. Taxony jsou zde uváděny v revidované klasifikaci.



Obrázek 7: Zóny v nadložní hlavní hnědouhelné sloje na Chebsku (A) a Sokolovsku (B).

Převzato z Obrhelové a Obrhela (1983a).

1 – různě zbarvené jílovce, 2 – na Sokolovsku modré jíly, na Chebsku prázdná pole zón IA-B a III až

V vyznačují různé facie (popsané v textu), 3 – sladkovodní vápence, 4 – hnědouhelná sloj

4. 1. ZÓNA IA

Do zóny IA spadá rybí asociace tvořená druhy: *Esox* sp., *Palaeotinca egariana*, *Leuciscus* (*Palaeoleuciscus*) *socoloviensis*. Zóna se vyskytuje v západní části chebské pánve mezi městy Františkovy Lázně, Třebeň, Jindřichovice, v okolí Dolních Dvůrů a Chvoječné. Rybí asociace doprovází nadložní horniny do výšky 11 m nad strop sloje. Litologické facie jsou

kakaově hnědé, hrubě vrstevnaté. Při bázi se objevují silně slídnaté jílovité pískovce až písčité jílovce, mohou být přítomny bahenní praskliny.

Z fosilních rybích zbytků jsou nejčastější nálezy černých fosilizovaných šupin *Esox* sp., dosahující velikosti až 18,5 mm. Méně časté jsou nálezy drobných kostí klasifikovaných jako *Leuciscus* a *Esox* sp. Vzácněji byly nalezeny větší zuby kaprovitých ryb a ojediněle bylo nalezeno velké operculum (cca 5,5 cm) rodu *Palaeotinca* (v okolí Dolních Dvůrů).

Kromě rybích zbytků se zde vyskytují zuhelnatělé úlomky dřev, semena, útržky listů, vzácněji jehlice jehličnanů. V hojné míře byly nalézány zeleně fosilizované *Riccia* (vodní játrovka), které vytvářely dlouhé, málo členěné stélky (jejich rozměry dosahují až 0,8 mm šířky a 2 cm délky, ale nejčastěji jsou rozlámány na menší části).



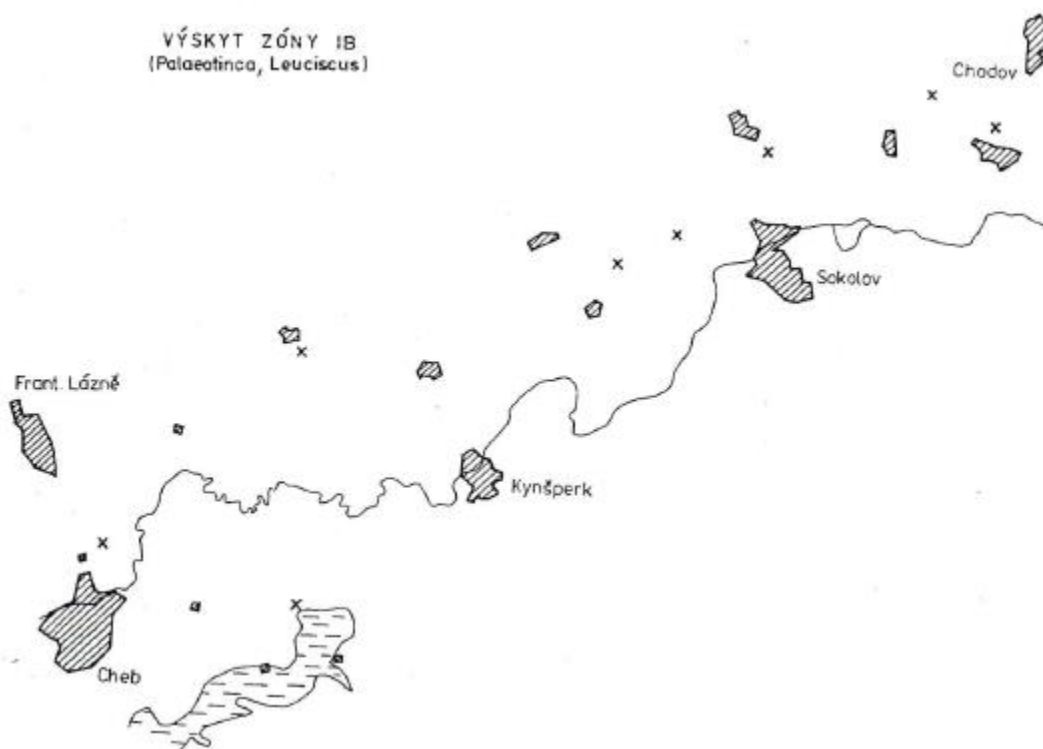
Obrázek 8: Výskyt zóny IA. Podle Obrhelové a Obrhela (1983a).

4. 2. ZÓNA IB

Zóna IB spadá do cyprisové série a pochází z ottnangu, zařazení této skupiny umožnily nálezy savců spolu s rybami v sondách u Dolnice. Rybí asociace je tvořena dvěma druhy: *Palaeotinca egariana* a *Leuciscus (Palaeoleuciscus) socoloviensis*. Zóna se vyskytuje v sokolovské oblasti v dolech Družba, Jednota, Medard I a II, Dukla. Mocnost vrstev s rybami zde dosahuje 2 m. V chebské části se objevuje u Milhostova, v pestré sérii u Dolnic u Chebu a severně od Dřenic v nadložní zóně IA, v pestré sérii je mocnost až 4 m.

Zóna IB je rozlišena na tři litologické facie. První jsou pestré souvrství na JV chebské pánve, kde se ryby vyskytují v šedozeleném jílovci. Druhou facii tvoří světle šedé až šedé, namodralé, nazelenalé nebo narezlé jílovce profundálu (hlubinné oblasti stojatých vod). Tyto jílovce jsou velmi jemné, kompaktní, hrubě vrstevnaté, s nepravidelným lomem. Známý jsou především ze sokolovské pánve. Na dole Medard I byl pozorován bezprostřední styk facie s uhelnou slojí, její nadloží bylo tvořeno slídnatým jílovcem. Bahenní praskliny byly pozorovány na dole Družba. Výplň tvořil písčito-slídnatý sediment s drtí rybích kostí, dále byly nalezeny na Chebsku u Miholstova, zde byly vyplněny hrubším slídnatým, jílovitým pískovcem. Facie jílovce profundálu jsou prostoupeny pyritem. Je možné, že mezi uhelnou slojí a zónou IB je na Sokolovsku a ve východní části Chebska hiát při ukládání sedimentů. Poslední facie je tvořena prachovými písky příbřežního pásma u Dolnice u Chebu. K nálezům z této facie patří vápnité řasové onkolity, vznikající v místech vývěru minerálních pramenů (Obrhel, 1984).

Ve druhé facii jílovce profundálu jsou časté výskyty zbytků ryb, rozložené na jednotlivé kosti. Větší nalezené kosti patří rodu *Palaeotinca*, menší náleží převážně rodu *Leuciscus*. Na dole Dukla byla v roce 1966 pozorována nad slojí šikmá prasklina, jejíž výška byla asi 1,5 m a její náplň byla tvořena černě zbarvenou drtí s rybími kostmi a se semeny rostlin. Kromě rybích zbytků byli nalezeni esovitě zprohýbaní pyritizovaní červi, *Riccia*, útržky rostlin a zuhelnatělé úlomky dřev. Zuhelnatělá semena se ve větší míře objevovala v šikmé prasklině nad slojí na dole Dukla. Jinde se semena a listy vyskytovaly v jílovcích málo, vzácně byl učiněn nález měkkýše (velikost asi 7 mm).



Obrázek 9: Výskyt zóny IB. Podle Obrhelové a Obrhela (1983a).

4. 3. ZÓNA II

Zóna II spadá do cyprisové série, tvoří jí rybí asociace zastoupena pouze druhem *Leuciscus* (*Palaeoleuciscus*) *socoloviensis*. Nachází se v sokolovské oblasti u Královského Poříčí a na dolech Jiří, Družba, Jednota, Medard I a II, Dukla a Gustav a v chebské oblasti na dole Božího Požehnání u Pochlovic, na území východně od Chebu a ve vrtech v severovýchodní části Chebska. Mocnost v chebské části pánve dosahuje pouze několika metrů, výjimku tvoří důl Božího Požehnání, kde je mocnost až 20 m. V sokolovské pánvi je v oblasti mezi Jehličnou a Novým sedlem mocnost až 120 m.

V zóně II se rozlišuje několik typů facií. Jednou z nich jsou nažloutlé, nahnědlé, narezlé, žlutošedé až šedé, hnědé deskovité, více či méně zvrstvené jílovce, bohaté pyritem. Mohou obsahovat bahenní praskliny. Tento typ facie je především na Chebsku a ve svrchní části profilu na Sokolovsku.

Modré kaolinitické jíly vytvářejí další typ facie, většinou jsou namodralé, více či méně zvrstvené, bohaté pyritem a neobsahují organické zbytky ani bahenní praskliny.

Dalším typem facií jsou nažloutlé, nahnědlé, narezlé nebo žlutošedé jílovce. Tyto jílovce jsou tence vrstevnaté kožovité ohebné. Organické zbytky obsahují minimálně, nalezeny byly sapropelity. Facie se objevují na Sokolovsku a v Pochlovicích na Chebsku.

Našedlé nebo namodralé vápence, tvořící tenké vrstvy, jsou jednou z mnoha facií. V těchto faciích nebyly pozorovány bahenní praskliny ani nebyly nalezeny organické zbytky nebo pyrit.

Další facie jsou tvořeny pestrým souvrstvím na jihozápadě chebské pánve nebo tufitickým horizontem na dole Medard, tento horizont leží ve spodní části profilu a podle Fediuka et al. (1957) leží 19 m nad slojí Antonín.

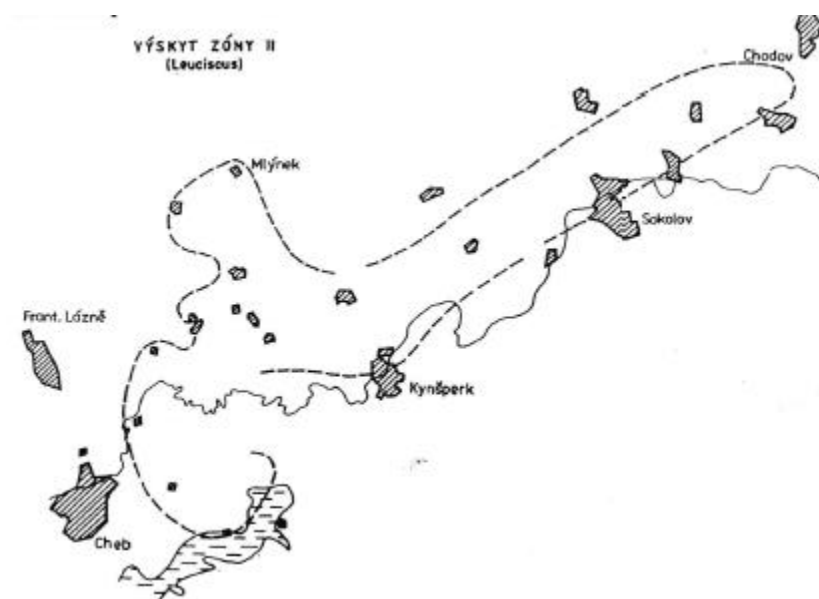
Modré jíly vytváří mohutné souvrství a tvoří převážnou část profilu sv. od Sokolova, na dolech Medard a Gustav. Mocnost modrých jílu byla na dole Medard podle Fediuka et al. (1957) asi 20 m, rozdělena vy výši 14 m nad slojí asi 1,5 m mocnou polohou nazelenalého jílu. Pestře zbarvené vrstvy tvoří nejvyšší část souvrství na zmíněných dolech. Na dole Dukla se v minulých letech zachoval úplný vrstevní sled, ve svrchní polovině profilu byly pestře zbarvené cyprisové jílovce, které nasedaly na střídající se nažloutlé či nahnědlé, narůžovělé, narezlé či šedožluté bituminózní jílovce obsahující zbytky ryb a hmyz. Modré jíly jsou soustředěny ve spodní části profilu, kde byly rozděleny polohou vápenců mocnou asi 10 cm a polohou šedých, lehce nahnědlých jílovců s rybími zbytky, jejichž mocnost dosahovala 2-3 m. Ve svrchní části profilu se mohou objevovat bahenní praskliny.

Nad modrými jíly sedimentovaly na dolech Jiří, Jednota, Dukla a Medard pestře zbarvené jílovce obsahující ryby. V Současné době byla na dole Dukla svrchní část pestře zbarvených jílovců odtěžena. Ve všech částech profilu se nachází pyrit. Na Chebsku mocnost modrých jílu klesá, na dole Boží Požehnání dosahuje pouze 1 m nad slojí, ve vyšších částech profilu jsou modré jíly nahrazeny polohami sterilních našedlých a nahnědlých jílovců a tenkými polohami jemného písku. Polohy jsou jen několik metrů mocné. Polohy s rybami se objevují ve facii deskovitých bituminózních jílovců jako na dole Dukla.

Rybí nálezy v zóně II čítají velké množství jedinců s podobnými rozměry. Vrstevní plochy obsahují shluky kostí, které pocházejí z jednoho jedince nebo mohou být kosti rozptýlené po vrstevní ploše. Tyto plochy jsou navzájem odděleny 1–10 mm mocnými laminami sterilních hornin. Kostí ryb, se nachází zpravidla úplné, zachované s nejmenšími detaily. Mimo kosti nacházíme šupiny a zoubky, které se dochovaly ve velmi dobrém stavu. Pokud

se původní kostní hmota nedochovala, je možné nalézt otisky zbarvené hnědě až rudohnědě.

Z paleontologických nálezů převládají četné nálezy ryb a ostrakodů, mohou se objevovat i polohy s větším množstvím suchozemských rostlin. Na svrchních částech profilu na dolech Dukla a Boží Požehnání se hojně vyskytují zbytky hmyzu, nejčastěji larev vážek, které mohou vytvářet i celé shluky (Obrhelová & Obrhel, 1983a). Časté jsou také nálezy koprolitů různých rozměrů, většinou obsahují úlomky rybích kostí a křemenná zrna. I v této zóně se objevují časté nálezy flóry v podobě útržků rodu *Riccia*, semen, jehlic borovic, úlomky jednoděložných rostlin a kusy dřev. Vzácné jsou nálezy písčitých schránek chrostíků, měkkýšů. Ojediněle nalézáme v profundálních sedimentech zbytky vyšších obratlovců. Mezi významné nálezy patří lebka netopýra na dolu Gustav u Citic a pánev malého ptáka ve vrtu u Kačerova v hloubce 226 – 227 m.



Obrázek 10: Výskyt zóny II. Podle Obrhelové a Obrhela (1983a).

4. 4. ZÓNA III

Zóna III je vyvinuta pouze v chebské pánvi a je doložena pouze materiálem z vrtů n. p. Geoindustria. Rybí asociaci tvoří druh *Aphanius chebianus*. Mocnost této zóny je až 16 m. Jsou zde rozlišené dva typy facií, jednou z nich jsou často světlé, nažloutlé, někdy i tmavé, hruběji nebo jemněji vrstevnaté kompaktní jílovce. Mohou se vyskytovat i bahenní

praskliny. Druhou facii tvoří tmavě zelené, zelené nebo tmavě šedé velmi jemně vrstevnaté jílovce, nazývané varvity. Bahenní praskliny jsou v této facii velmi časté. Mezi oběma faciemi jsou různé přechody, pyrit se vyskytuje v obou typech. Tmavé jemné horniny se vyskytují spíše ve vyšších částech profilu. Oba typy hornin se objevují i v pestré sérii, kde jsou přítomny také bahenní praskliny.

Kosti ryb tvoří zřetelně odlišitelné shluky nebo se mohou objevovat navzájem izolované kosti, časté jsou nálezy i téměř úplných jedinců.

Ve facii světlých, nažloutlých kompaktních jílovců jsou časté nálezy ostrakodů, kteří vytvářejí několikamilimetrové vrstvičky, ve druhé facii se vyskytují vzácněji. Dále máme zachovány *Riccia*, útržky listů, úlomky dřev, v menším množství koprolity a hmyz.



Obrázek 11: Výskyt zóny III. Podle Obrhelové a Obrhela (1983a).

4. 5. ZÓNA IV

Stejně jako u zóny III se i zóna IV vyskytuje jen v chebské pánvi, ze všech zón zasahuje nejdále na západ. Materiál pochází z vrtů a z lokalit Kačerov, Mokřina, Hradiska u Chebu a z Třeběně, dále zasahuje až ke Skalné a pravděpodobně i k Františkovým Lázním. Zóna

obsahuje ryby druhu *Paralebias egeranus*. Zóna dosahuje mocnosti až 53 m, největších mocností dosahuje ve východní části pánve u Kačerova a Mokřiny.

Facie jsou zde stejné jako v zóně III - světlé, nažloutlé, někdy i tmavé, hruběji nebo jemně vrstevnaté kompaktní jílovce a tmavě zelené, zelené nebo tmavě šedé velmi jemně vrstevnaté jílovce. Jemnozrnné horniny převládají, bahenní praskliny jsou též časté a složité.

Bahenní praskliny jsou vyplněny často jinou horninou, někdy velmi odlišnou od horniny, ve které vznikají. Praskliny mají různou hloubku a rozevírají se do šíře několika milimetrů až centimetrů. Ostrost omezení je různá, stejně jako jejich průběh. Závisí to na kvalitě horniny, ve kterých praskliny vznikají a také na hloubce pod povrchem vyschlého dna, kde vzorek odebíráme. Někdy se kříží několik systému prasklin, ty jsou vyplněny odlišnými horninami různých barev. Praskliny mohou být i přímé s rovnými okraji, zvlněné nebo lomené. Hloubku prasklin u materiálu z vrtů nelze přesně stanovit. V Mokřině na odkryvu byly popsány praskliny s hloubkou 15–20 cm, průběh těchto prasklin je většinou kosý k vrstevním plochám.

Bahenní praskliny mohou přetínat zbytky organismů a někdy jsou přetnuté části posunuty vůči sobě, jak ve vertikálním, tak i v horizontálním směru. Výplň prasklin může být jemnější i hrubší, mnohdy obsahuje úlomky rybích kostí, ostrakody a útržky listů.

Pro varvitické jílovce jsou typické zelené mikrolaminy, které pokrývají horniny, většinou jsou roztrhány na dílčí ostrohranné útržky, ale mohou horninu pokrývat i poměrně neporušeně. Ryby mnohdy leží na zelené mikrolamině a nebo v její blízkosti. Zachování rybích zbytků je podobné jak v zóně III, ale s největší pravděpodobností se zde vyskytuje více úplných jedinců. Původní kostní hmota nebývá zachována, jde spíše o otisky kostí zbarvené tmavě hnědě.

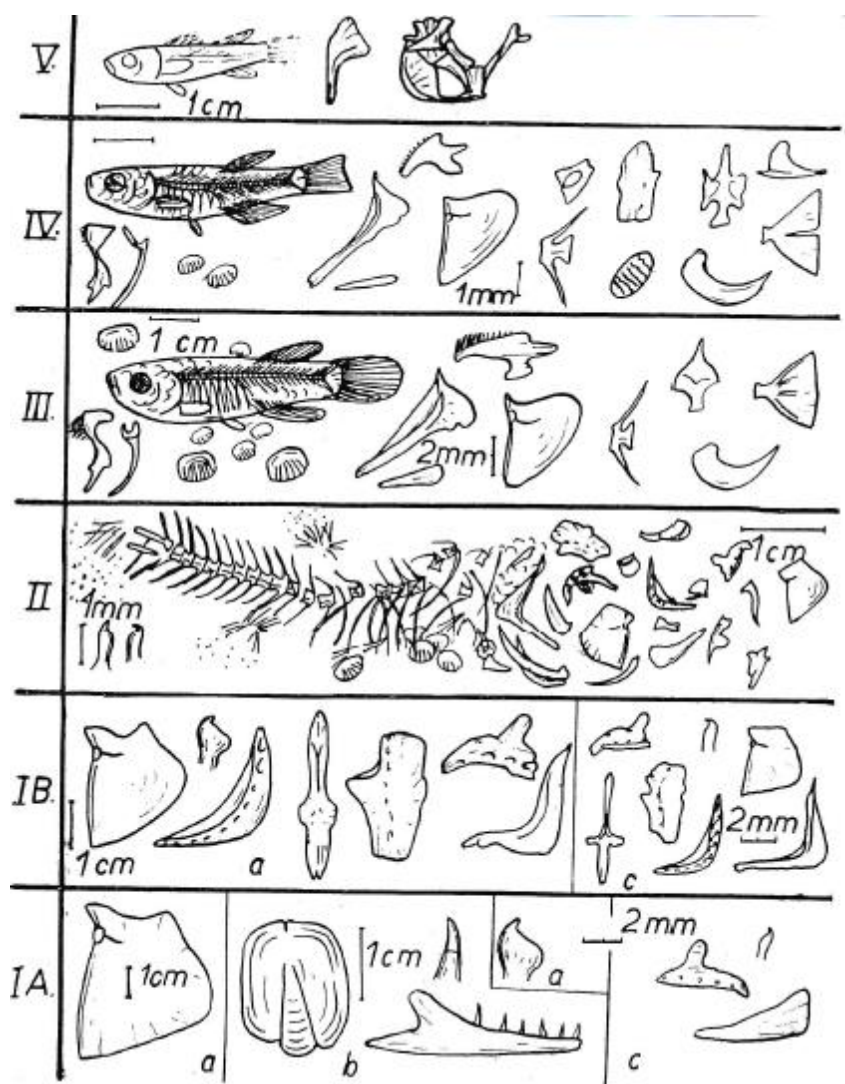
Vzácněji se vyskytují vrstvičky ostrakodů. Ve větší míře jsou nalézány semena, jehlice borovic, útržky listů i celé listy, úlomky dřev a nálezy *Riccia*. Četné nálezy koprolitů, které mohou mít rozměry až 8 cm, jsou neurčitého tvaru nebo jsou menších rozměrů (cca 1cm dlouhé a 4 mm široké) s podlouhlým a oválným tvarem, mohou obsahovat úlomky rybích kostí. Vyskytují se i nálezy chrostíků se schránkami z křemenných zrn, larvy vážek a zbytky hmyzu. Časté jsou nálezy ptačích per, dlouhých až několik cm, vzácně se dochovaly nálezy měkkýšů.



Obrázek 12: Výskyt zóny IV (přerušovaná čára) a zóny V (kroužek se šipkou). Podle Obrhelové a Obrhela (1983a).

4. 6. ZÓNA V

Tato zóna byla nalezena pouze ve vrtu v hloubce 106 m v Mlýnku v chebské pánvi. Rybí asociaci tvoří pouze jediný druh (klasifikovaný v otevřené nomenklatuře) *Gobius* sp. Nálezy pocházejí z našedlého písčitého jílovce. Ve vrtu bylo nalezeno pouze několik exemplářů ryb, kostry byly silně porušeny.



Obrázek 13: Charakteristické kosti a způsob zachování rybích asociací příslušných zón.

Převzato z Obrhelové a Obrhela (1983a).

IA – *Esox* sp. (b), *Palaeotınca egeriana* (a), *Leuciscus* (*Palaeoleuciscus*) *socoloviensis* (c); IB – *Palaeotınca egeriana* (a), *Leuciscus* (*P.*) *socoloviensis* (c); II – *Leuciscus* (*P.*) *socoloviensis*; III – *Aphanius chebianus*; IV – *Paralebias egeranus*; V – *Gobius* sp.

5. EKOLOGIE

Následující popis vývoje jezera a jeho paleoekologie vychází zejména z prací Obrhelové a Obrhela (1983b), není-li uvedeno jinak.

Jednotlivé fáze vývoje jezera, jeho vnější tvar, historie a organický obsah byl ovlivněn některými základními geologickými faktory, jako jsou:

- 1) Pozice jezera po většinu doby jeho trvání v oblasti subtropického pásu
- 2) Vulkanickou a postvulkanickou činností
- 3) Pohyb zemské kůry během sedimentace
- 4) Přírodní proces stárnutí jezera
- 5) Paleogeografie a pohyb pevniny během času umožňovali průnik jednotlivých druhů a rodů fauny ryb z Asie do Evropy

Vývoj jezera pak lze rozdělit na dvě hlavní období:

- 1) Starší období – netrvalo příliš dlouho, vodní plocha zasahovala do západního výběžku chebské pánve (zóna IA)
- 2) Mladší období – rozsáhlý odtok jezera v sokolovské a chebské pánvi od ottnangu do karpátu (zóna IB a II byly v obou pánvích, zóna III, IV, V byly jen v chebské pánvi)

5. 1. CHARAKTER JEZERA BĚHEM STARŠÍHO OBDOBÍ (ZÓNA IA)

Podle paleogeografické a geologické rozlohy nebylo jezero veliké, bylo mělké a mělo mírně svažité břehy. Na dně jezera pravděpodobně chyběl sulfan (nebyl pyrit), což mohlo být v důsledku průtoku jezera. Sedimentační profil ukazuje na relativně stabilní přínos převládající po delší časové období, ale docházelo i k hrubému vrstvení a sedimentární facie poukazují na rychlý přísun materiálu. Příbřežní oblasti byly pravděpodobně vysoušeny vlivem klimatu, které bylo podle paleobotanických nálezů nejspíše subtropické. Vody byly zřejmě stojaté nebo s nízkým průtokem (Obrhelová & Obrhel, 1983b).

Jezero bylo poměrně chudé na složení rybí fauny, vyskytovaly se zde jen tři druhy: *Esox* sp., *Palaeotınca egeriana*, *Luciscus (Palaeoleuciscus) socoloviensis*. Malý počet druhů ve

starším období byl dán, buď vlivem životního prostředí, nebo byl obecně malý počet druhů sladkovodních ryb, které pocházely z miocénu.

Nároky na životní podmínky mezi třetihorními druhy ryb v západočeských pánvích a recentními druhy byly pravděpodobně analogické. Podle životních podmínek docházelo u štik (*Esox*) ke tření na jaře, v tomto období docházelo k pravidelnému zvýšení hladiny jezera a teplota vody klesla. Rod *Palaeotınca* žil v podobném prostředí jako dnešní líni, kteří se vyskytují v čistých vodách s mírným proudem. Ryby rodů *Esox* a *Palaeotınca* nalezené v západočeských pánvích měly také podobný vzhled a životní cyklus jako recentní zástupci.

Chemismus vody byl stanoven na základě nároků dnes žijících příbuzných zástupců jednotlivých druhů ryb. S největší pravděpodobností měla voda střední hodnoty pH, které představovaly optimální životní podmínky. Koncentrace kyslíku měla výkyvy a je pravděpodobné, že ryby se těmito výkyvům přizpůsobily [líni tolerují vody s nižší hladinou kyslíku - až 0,5 cm³/l vody – Nikolskij (1963)].

Salinita v jezeře byla zvýšena [dnešní štiky jsou schopné žít i v Aralském jezeře, kde se salinita vlivem vysychání zvyšuje a jsou také odolné vůči většímu obsahu sulfanu ve vodě; některé dnešní druhy *Leuciscus* se trou v ústí řek Černého moře (*L. borysthenticus*) nebo žijí v oceánech celý životní cyklus (*L. brandti*) – Nikolskij (1971).

5. 2. MLADŠÍ VÝVOJOVÉ OBDOBÍ JEZERA

V tomto období se rozloha jezera zvětšovala, zasahovala na území dnešní chebské a sokolovské pánve. Období se dělí na dvě odlišná stádia a to na: stádium kratší, kdy se jezero postupně rozšiřovalo a na stádium delší, končící zaniknutím jezera.

5. 2. 1. MLADŠÍ STÁDIUM (ZÓNA IB)

5. 2. 1. a. Charakter jezera

Stádium typické pro *Palaeotınca egeriana* a *Leuciscus (Palaeoleuciscus) socoloviensis* z období ottnangu. V jezeře protékalo mnoho vody, voda byla čistá a vhodná tak pro líny, kteří se zde třeli (Sabaneev, 1960). Po té došlo k dočasné kontaminaci sulfanem a z této doby nalézáme zpyritizované červy a *Riccia*. Velké množství sulfanu způsobilo jejich náhlou úmrtnost a nálezy červů byly křečovitě zprohýbané. Množství pyritu způsobilo

výkyvy v obsahu kyslíku na dně jezera. Profundální sedimenty mají velmi jemnozrnné, světlé barvy a jsou hrubě vrstevnaté, pravděpodobně tyto sedimenty vznikaly jako produkty náhlého odtoku vody po pelitických horninách, které obklopovaly jezero. Příbřežní oblasti byly spíše písčitého charakteru (nálezy u Dolnice).

Přítomnost sulfanu způsobila rozpad organických zbytků a redukcí síry vznikaly bitumenózní podmínky v sedimentech, které i přes to byly pokryté fytoplanktonem a zooplanktonem. Kromě pyritu se v jezeře neobjevovaly žádné jiné chemogenní sedimenty. Bohaté paleontologické nálezy potvrzují eutrofní charakter cyprisového jezera. Cirkulace vody byla nejspíše monomiktická až meromiktická.

5. 2. 2. MLADŠÍ OBDOBÍ (ZÓNA II AŽ V)

5. 2. 2. a. Charakter jezera

Pro toto období jsou typické druhy *Leuciscus (Paleoleuciscus) socoloviensis* v zóně II, *Aphanius chebianus* v zóně III, *Paralebias egeranus* v zóně IV a *Gobius* sp. v zóně V. V časovém období spadá stádium na hranici ottnangu a karpátu.

Jezero oproti zóně IB dosáhlo větších rozměrů, zasahovalo na území dnešní chebské a sokolovské pánve. Rozloha a stejně tak hloubka jezera se měnila v závislosti tektonických procesů. Zpočátku bylo jezero mělké a sedimenty byly spíše pelitické. Litorální oblast byla známá pouze v jižní části pánve a byla spíše písčitá. V zóně II byla největší hloubka jezera v sokolovské pánvi mezi Jehličnou a Novým Sedlem. Podle Náprstka (1958) činila mocnost cyprisové série až 120 m, tvořena převážně modrými jíly s polohami bituminózních břidlic. V zóně III až V jsou tyto horniny pouze v chebské pánvi v nejvyšších částech profilu, z velké části zde převládají pelitické sedimenty.

Podle Kvačka a Holého (1977) bylo klima subtropické, ovlivňovalo cirkulaci vody, která byla monomiktická (voda se promíchávala pouze jednou ročně, a to v zimě). Po té došlo pravděpodobně ke zvýšení salinity, která se projevila nejvíce na dně jezera. V této fázi bylo jezero meromiktní (voda se promíchávala pouze do určité hloubky). Jezero mělo sice poměrně velkou rozlohu, ale bylo mělké. Vlivem bouří došlo k přinášení jemnozrnných sedimentů z litorálních oblastí, mimo jiné měly vliv také na rozlohu jezera a promíšení vod. Důkazem bouřkových vlivů jsou rybí zbytky kostí nalezeny ve svrchních vrstvách v hojném množství v náhodném uspořádání. Bouře silně rozvířily vodu, která způsobila ve

velkém množství úhyn ryb, jež se pak usadily na dně jezera. Podle Kvačka a Holého (1977) se navrstvily sedimenty s terciární flórou během odvodňování jezera, která byla přinášena do jezera větrem při bouřích.

5. 2. 2. b. Teplota

Teplota monomiktního subtropického jezera neklesla během celého období pod 4°C. Již zmínění líni preferují jezera, kde teplota dosahuje 22 až 24°C (Sabaneev, 1960). Štíky se při těchto teplotách vyvíjejí pomaleji (Sabaneev, 1960). V analogických podmínkách žily také rody *Leuciscus*, *Paleotınca* a *Esox*.

Cyprinodontidea obývali jižnější regiony (Nikolskij, 1971) se subtropickými teplotami. Jeden druh žil v oblasti, kde teplota měla i více jak 50°C (Nikolskij, 1971). Několik zástupců Cyprinodontidea bylo přizpůsobeno teplotním výkyvům (např. *Fundulus heteroclitus* podle Loveho 1976).

Gobiiformes jsou podle Nikolskije (1971) rozšíření především v tropickém klimatickém pásu, několik druhů i v mírném klimatickém pásu.

5. 2. 2. c. Chemismus jezera

V cyprisové sérii se vyskytují chemogenní sedimenty, pyrit se objevuje téměř ve všech vrstvách (Zoubek, 1963). Několik vrstev je obohaceno o karbonáty, sádrovce, sulfáty a chloridy. Obzvláště karbonáty vytváří samostatné látky jako uhličitán vápenatý, uhličitán hořečnatý, uhličitán železitý a další (Zoubek, 1963). Podle Šmejkal (1977) činil obsah sulfátů v cyprisové sérii kolem 3,7%, to je zhruba 25x více než množství síry v litosféře a 4x více než v mořských sedimentech jako jsou břidlice a jílovce. Dalšími typickými chemogenními sedimenty jsou evapority vznikající v kontinentálním prostředí. Mezi tyto sedimenty patří dolomit, siderit, sádrovec a oolitické vápence (Šmejkal, 1977). Izotopové složení síry těchto evaporitů je téměř shodné jako izotopové složení síry minerálních vod v západních Čechách. Podle Šmejkal (1977) docházelo v cyprisové sérii k mimořádně intenzivní bakteriální redukci. Toto usuzuje z výskytu karbonátů s lehčími izotopy.

5. 2. 2. c. I. Salinita

Již bylo zmíněno, že v jezeře bylo velké procento sulfátů v cyprisové sérii. Vzácněji se objevují karbonáty a chlorid. Zvláštností je nízká koncentrace vápníku v horninách. Náprstek (1958) upozorňoval na nízký obsah karbonátů v modrých jílech: pouze v některých obdobích došlo ke tvorbě karbonátů.

Víme tedy, že v jezeře byla zvýšena salinita, pouze v některých částech jezera byla přítomnost sulfátů ve vodě daleko menší. Mnohem více sulfátů dnes obsahují jezera jako Aralské nebo Kaspické moře, které jsou v oblasti teplého aridního klimatu.

Zvýšený podíl minerálních solí v cyprisové sérii byl pravděpodobně ovlivněn vulkanickými centry. Toto bylo prokázáno hlavně v chebské oblasti v zóně IB, kde se vyskytují na částech území vysrážené karbonáty (Cheb – Františkovy Lázně – Třebeň). Dnes se zde vyskytují minerální prameny, tak jako se vyskytovaly v zónách cyprisové série.

Při odvodňování jezera docházelo také k vypařování vody vlivem subtropického klimatu, což mělo za následek zvýšení koncentrace solí. Na zvýšení koncentrací se zvláště podílela období sucha, kdy hladina vody klesla. Obdobná situace se vyskytuje u dnešního Aralského jezera (Berezina, 1973).

Koncentrace soli v jezeře byla sice zvýšená, ale nikdy nedosáhla extrémních hodnot, jaké mají hypersalinní jezera. Později došlo souvislými procesy k rovnováze obsahu solí. K rovnováze přispěly i biochemické reakce, ty ale měly pouze vedlejší význam (Samarina, 1977). Naproti tomu jezera humidních oblastí vykazují nízkou mineralizaci a hlavní roli hrají biochemické procesy vázané s karbonátovou rovnováhou. Jezera v oblastech s přechodným klimatem mezi aridním a humidním ukazují také na přechodný chemismus (Samarina, 1977). Důležitým faktorem v hydrochemii jezer je stupeň průtoku jezera a intenzita vypařování. Biologické cykly v mělkých a ne příliš rozsáhlých jezer se sladkou, někdy také s brakickou nebo se slanou vodou nejsou tak významné. Naproti tomu v malých jezerech, kde je voda s vyšším obsahem kyslíku a vlivem slunce prohřáta, probíhají biologické aktivity podobné biochemickým procesům (Samarina, 1977).

Při ukládání cyprisové série vznikaly evapority, již zmíněných. Ty jsou důkazem, že docházelo k chemogenní sedimentaci. Domníváme se, že docházelo v cyprisové sérii k přechodným zónám mezi humidními a aridními oblastmi, což se stalo vlivem výkyvů hydrochemických režimů, obzvláště v pokročilém stádiu jezera. Fluktuace ve vývoji jezera

způsobily velkou proměnlivost a rychlé střídání facií sedimentů. Z čehož vyplývá, že faciální změny byly alespoň z části způsobeny změnami humidních a aridních cyklů (Samarina 1977). V celkovém vývoji se z oblastí typicky humidních (zóna IA) staly aridní nebo alespoň semiaridní oblasti.

Dalším důkazem o zvýšené a rychle se měnící salinitě byla ekologie jezerních organismů. Obrhelová a Obrhel (1965) se domnívali, že salinita v životním prostředí byla nadprůměrná. Jako jednou z příčin byly minerální prameny v terciérním jezeře v okolí Františkových Lázní. Změny v rybích společenstvech v průběhu cyprisové série dokazují, že se stále více zvyšovala salinita. Díky paleobotanickým a geochemickým výzkumům byla zjištěna pravdivost o prostředí v cyprisové serii. Podle nálezů *Limnocarpus* a dalších vodních rostlin (Kvaček & Holý, 1977), došli Holý s Bůžkem (1977) k názoru, že významná část uloženin v cyprisové serii byly evapority (srážení karbonátů, sádrovce, vzácné pozůstatky suchozemských živočichů). Jejich názor dokládaly i další nálezy např. pylů z čeledě *Chenopodiaceae* v cyprisové serii (Konzalová, 1977).

Štiky a líni se v zóně IA adaptovaly k euryhalinnímu způsobu života, stejně jako mnoho recentních druhů rodu *Leuciscus*, zejména *Leuciscus borysthenicus* si je mnoho podobný s *Leuciscus (Palaeoleuciscus) socoloviensis*. Nejedná se pouze o ryby sladkovodní, ale také o brakické a mořské, které jsou schopné žít v oblastech s proměnlivou salinitou díky schopnosti rychle regulovat osmotický tlak (Konstantinov, 1967).

V cyprisové serii byly objeveny ve velkém množství také jiné vodní organismy, které měly schopnost vyrovnávat proměnlivost salinity. Dále byly nalézány larvy vážek, zvláště v horní části cyprisové série, ty byly chráněny před hypertonickým prostředím kutikulou (Konstantinov, 1967). V zóně II se vyskytoval rod *Orthetrum* žijící v brakických vodách (Popová, 1953). Larvy několika druhů hmyzu umí stejně rychle regulovat osmotický tlak jako některé druhy ryb a měkkýšů (Konstantinov, 1967). Někteří červi přežívali různou salinitu v prostředí 0 - 45‰ (Konstantinov, 1967). Ostrakodi žijící v mělkých vodách rovněž tolerovali výkyvy salinity (Špinar, 1960).

Jedna z nepřímých známek zvýšené salinity a jejích častých výkyvů je relativně nízká druhová rozmanitost a zároveň velký počet jedinců, což naznačuje nepříznivé podmínky. Podle Šrámka a Huška (1946) zde platil zákon a počtu druhů; počet druhů je malý a počet jedinců velký, tam kde jsou méně příznivé nebo extrémní podmínky.

5. 2. 2. c. II. Chemogenní sedimentace

Při tvorbě sedimentárních hornin jakou jsou karbonáty, pyrity, sapropelity a sulfáty, je prokázáno, že v cyprisové sérii byl bohatý mikrobiální život. Samarin (1977), Schwoerbel (1977) a Soldatenkov (1976) uvedli, že procesy podobných typů probíhají i dnes.

5. 2. 2. c. III. Koncentrace vodíkových iontů

Pro ryby jsou nejpříznivější vody slabě kyselé, neutrální nebo slabě alkalické, které mají pH hodnoty od 6,2 do 8,2 (Poustka, 1946). V cyprisové sérii byla hodnota pH většinou průměrná. Ale během vývoje docházelo k periodám, kdy koncentrace vodíkových iontů byla extrémní, což bylo velmi nepříznivé pro životní podmínky ryb. Během výkyvů pH hodnot došlo nejspíše k dočasné karbonátové sedimentaci. Hodnotu pH mohly ovlivňovat minerální prameny.

5. 2. 2. c. IV. Obsah kyslíku

Přítomnost hojného množství pelagických ryb, zejména *Leuciscus* v zóně II, vypovídá o bohatém obsahu kyslíku ve vodách, které obývaly. Některé druhy *Leuciscus* se adaptovaly na bentos, především v mladších vrstvách zóny II (Obrhelová, 1971) a potvrzují tak alespoň dočasné přežívání tohoto druhu na dně jezera a dokazují tak, že dno jezera bylo bohaté na kyslík v určitých obdobích.

Ve vyšších vrstvách zón (III a IV) ryby žijící u dna vymizely, zůstaly zde pouze cyprinodontiformní ryby (rody *Aphanius* a *Paralebias*). S největší pravděpodobností došlo na dně jezera ke kontaminaci sulfanem. Hladina jezera byla pokryta plovoucími rostlinami *Riccia* bohaté kyslíkem. U dna jezera probíhaly pouze anaerobní procesy.

Na dně jezera byly detekovány otisky po lezení červů, což poukazuje na dočasné zlepšení životních podmínek na dně jezera. Podle Schwoerbela (1977) musely mít spodní vody u dna jezera během roku nejméně 50% nasycení kyslíkem, aby byla profundální fauna druhově bohatá. V případě, že kyslík klesne pod kritickou hodnotou nebo nějakou dobu chybí, se vyskytuje v bentosu pouze několik druhů organismů, ale větší počet jedinců. Některé jezerní organismy žijící u dna jsou schopny žít bez kyslíku několik týdnů, ale ve

studované oblasti nemáme kromě stop po lezení červů v profundálních sedimentech v cyprisovém jezeře žádné jiné důkazy o bentonní fauně.

5. 2. 2. c. V. Stopové prvky

Chemické analýzy poskytují širokou škálu o zvýšeném podílu stopových prvků oproti celosvětovým hodnotám stopových prvků v kůře. Analyzované horizonty (zóna I, II a IV), tak jako jednotlivé oblasti v chebské a sokolovské pánvi nám poskytují podobné výsledky.

5. 2. 2. c. VI. Trofická úroveň

Úloha nižších organismů při ukládání chemogenních sedimentů již byla zmíněna. Vznik těchto sedimentů umožnil rozvoj mikroorganismů, především fytoplanktonu. To je doloženo nálezy fosilních zbytků těchto organismů (Konzalová, 1977), stejně tak byly nalezeny vyšší organismy, živící se mikroorganismy.

Nalezené rybí zbytky dokládají výskyt zooplanktonu, jenž sloužil ontogeneticky mladším formám ryb k potravě. Jezer, v němž tyto ryby žily, bylo bohaté na jednoduché řasy (sinice). Což svědčí o eutrofním charakteru vodní plochy. Jako jedna z možných příčin úhynu ryb se jeví možnost přesycení jezera sinicemi, to mělo za následek překysličení vody a následkem toho mohlo dojít k rapidnímu úhynu ryb. Jako další faktor se jeví sapropelity, zejména ve vyšších zónách cyprisové série.

Vyšší rostliny příbřežních oblastí jsou v cyprisové sérii dokládány nálezy rodu *Limnocarpus* a *Sparganium* (Kvaček & Holý, 1977). Kromě toho se v zóně II. objevovaly zbytky zelených řas druhu *Charophyta* (Obrhel, 1964). V pelagické oblasti se často objevují játrovky rodu *Riccia* (Obrhel, 1964) a vodní kapradiny *Salvinia* sp. (nálezy pochází z vrtu Dukla z roku 1975).

6. ZÁVĚR

V bakalářské práci byl podán přehled miocenní rybí fauny chebské a sokolovské pánve, jejich stratigrafickému využití, paleoekologickým nárokům a geologické situaci obou pánví. Rybí fauna je reprezentována 6 druhy paprskoploutvých ryb (*Esox* sp., *Palaeotınca egeriana*, *Lueciscus* (*Palaeoleuciscus*) *socoloviensis*, *Aphanius chebianus*, *Paralebias egeranus*, *Gobius* sp.), které lze zařadit do 6 rodů, 5 čeledí a 4 řádů. Většina ryb žila v analogických podmínkách jako druhy recentní (např. žily v podobných podmínkách nebo měly podobný životní cyklus). Rybí fauna vykazuje význačnou stratifikaci a lze ji tedy v oblasti zájmu rozčlenit do biozón, které byly ve studované oblasti popsány (Obrhelová, Obrhel, 1983a). Jmenovitě se jedná o šest zón - IA, IB, II, III, IV, V – v každé biozóně jsou jiné rybí asociace, a však jednotlivé druhy ryb se mnohdy v zónách prolínají. Každá biozóna má své typické lokality, přičemž mnoho z nich bylo popsáno pouze z vrstev Geoindustria (dříve n. p.). Jednotlivé zóny se dále liší litologickými faciemi (v zásadě různé typy jílovců s příměsí, jako např. písčité jílovce, šedozelené jílovce, kompaktní jílovce, jílovce profundálu, nebo jíly – např. kaolintické jíly). U většiny zón jsou přítomny bahenní praskliny, které se liší svou sedimentační výplní, strukturou, tvarem, hloubkou a mohou obsahovat rybí drť.

Pozornost je také věnována ekologii rybího společenstva a vývoji jezera. Vývoj jezera se dělil na dvě hlavní období, do staršího období spadá pouze zóna IA a trvalo poměrně krátkou dobu, do mladšího období spadají zbývající zóny (IB až V). Ve starším období se jezero rozprostíralo spíše na území dnešní chebské pánve, v mladším období zaujímal daleko větší plochu a dosahovalo větších hloubek, na konci tohoto období došlo k jeho vysušení. Jezero během vývoje nemělo stejný charakter. Vlivem klimatu, které bylo převážně subtropické a vlivem, již zmiňovaných minerálních pramenů docházelo k častým výkyvům salinity, tím docházelo k vymření některých druhů (např. *Esox* sp.), ale jiné druhy se naopak adaptovali na zvýšenou salinitu. Subtropické klima mělo také vliv na promíchávání vodních mas, cirkulace vod byla pravděpodobně monomiktická až meromiktická. K promíšení vod tak docházelo buď jen do určitých hloubek, nebo v určitém časovém úseku, což mělo za následek změny ve výkyvu obsahu kyslíku ve vodě. V době dostatečného prokysličení vod se *Leuciscus* potravně adaptovali na bentos, což

naznačuje dostatečné prokysličení vody u dna, později ale ryby přežívající u dna téměř vymizely.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Berezina, N. A. (1973). *Gidrobiologija* (Vol. 1). Moskva: Piščevaja promyšlennost'.
- Bůžek, Č., Holý, F., Konzalová, M., Kvaček, Z., Stuchlík, L. (1982): Paleobotanická data k biostratigrafii a korelaci uloženin chebské pánve. *Acta montana (Praha)*, 60: 49-82.
- Fediuk, F., Havlena, V., Náprstek, V. (1957): Příspěvek k poznání geologie nadloží sloje Antonín v odklizech Medard a Jednota na Sokolovsku. *Věstník Ústředního ústavu geologického*, 32: 99-106.
- Gaudant, J. (2009): Occurrence of the genus *Aphanius* Nardo (Cyprinodontid fishes) in the lower Miocene of the Cheb basin (Czech Republic), with additional notes on *Prolebias egeranus* Laube. *Journal of the National Museum (Prague)*, 177(8): 83-90.
- Gaudant, J. (2013): Occurrence of poeciliid fishes (Teleostei, Cyprinodontiformes) in the European Oligo-Miocene: the genus *Paralebias* nov. gen. *Paläontologische abhandlungen*, 267: 215-222.
- Holý, F., Bůžek, Č. (1977): Přínos paleobotaniky k řešení ekologie životního prostředí v chebské a sokolovské třetihorní pánvi. *Sborník 8. celostátní paleontologické konference v Sokolově*: 22-26.
- Knobloch, E., Konzalová, M., Kvaček, Z. (1996): Die obereozäne Flora der Staré sedlo-Schichtenfolge in Böhmen (Mitteleuropa). *Rozpravy Českého geologického Ústavu*, 49: 260.
- Konstantinov, A. S. (1967). *Obščaja gidrobiologija*. Moskva: Vysšaja škola.
- Konzalová, M. (1977): Mikropaleobotanický výzkum v západočeských pánvích. *Sborník 8. celostátní paleontologické konference v Sokolově*.
- Konzalová, M. (1987): Palaeogene plant microfossils from the basal strata of the Czech Basin (Tertiary, Czechoslovakia). *Věstník Ústředního ústavu geologického*, 62(5): 297-301.
- Koudelková, G. (1995): Sedimentace chebské pánve (vildštejnské souvrství) jako projev tektonicky transformního zlomu. *MS Silikátová společnost*.
- Kvaček, Z., Holý, F. (1977): Současný stav a perspektivy paleobotanického výzkumu chebské a sokolovské pánve. *Sborník 8. celostátní paleontologické konference v Sokolově*: 8-12.
- Kvaček, Z., Konzalová, M., Obrhelová, N. (1987): Biostratigrafie a prostředí vzniku cyprisových jílůvců západočeského terciéru. *MS Geologického ústavu Československé akademie věd*.
- Laube, G. K. (1901): Synopsis der wirbelthierfauna der böhmischen Braunkohlen-Formation. *Lotos, Abhandlungen*, 2(4): 107-186.
- Lippold, H. (1928): Morphologische Probleme zwischen Erz- und Fichtelgebirge. *Firgenwald*, 1,(3): 127-133.
- Moschelesová, J. (1923): Morfologické důkazy nejmladších tektonických pohybů v severozápadních Čechách. *Sborník Československé společnosti zeměpisné (zeměvědné)*, 29: 132-134.

- Náprstek, V. (1958): Přehled geologického vývoje terciéru sokolovské pánve. *Časopis pro mineralogii a geologii*, 3(2): 163-178.
- Nelson, S. J. (2006). *Fishes of the World*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Nikolskij, G. V. (1963). *Ekologija ryb*. Moskva: Vysšaja škola.
- Nikolskij, G. V. (1971). *Častnaja ichtiologija*. Moskva: Vysšaja škola.
- Obrhel, J. (1984): Tertiären Onkolithen des Cheb-Beckens. *Acta Universitatis Carolinae - Geologica*, 1983(3): 147-170.
- Obrhel, J., Obrhelová, N. (1987): Paläoichthyologie und Paläoökologie des kontinentalen Tertiärs und Quartärs der ČSSR. *Zeitschrift geologische Wissenschaften*, 6(709-731).
- Obrhelová, N. (1969): Die Karpfenfische im tschechoslowakischen Süßwassertertiär. *Časopis pro mineralogii a geologii*, 14(1): 39-52.
- Obrhelová, N. (1970): Die Osteologie der Vorläufer von *Tinca tinca* (Pisces) aus dem Süßwassertertiär der ČSSR. *Des staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden*, 16: 99-209.
- Obrhelová, N. (1971): Vergleichende Osteologie der Gattung *Leuciscus* (Pisces) aus tertiären Schichten der nördlichen und westlichen ČSSR. *Paläontologische abhandlungen, A, zoologie*, IV(3): 549-660.
- Obrhelová, N. (1985): Osteologie a ekologie dvou druhů rodu *Prolebias* SAUVAGE (Pisces, Cyprinodontidae) v západočeském spodním miocénu. *Sborník Národního muzea v Praze, B*, 41(1-2): 85-140.
- Obrhelová, N. (1994): Ökologie der Fischassoziation im miozänen Flözdach des Nordböhmischem Braunkohlenbeckens. *Acta Musei Nationalis Prague*, 49B(1-4): 111-142.
- Obrhelová, N., Obrhel, J. (1965): Die paläontologische Erforschung der Cypris-Serie im Cheb-Becken. *Časopis Národního Muzea, oddělení přírodovědné*, 134(3): 142-146.
- Obrhelová, N., Obrhel, J. (1983a): Biostratigrafie miocenního nadloží hlavní hnědouhelné sloje Chebska a Sokolovska. *Acta Universitatis Carolinae - Geologica*, 3: 171-192.
- Obrhelová, N., Obrhel, J. (1983b): Paläolimnologie und Paläoökologie des westböhmischem miozänes Sees im Lichte der Paläoichthyologie. *Zeitschrift geologische Wissenschaften*, 11(7): 853-887.
- Pešek, J., Adámek, J., Brzobohatý, R., Bubík, M., Cicha, I., Dašková, J., Doláková, N., Elznic, A., Fejfar, O., Franců, J., Hladilová, Š., Holcová, K., Honěk, J., Hoňková, K., Jurková, Z., Krásný, J., Krejčí, O., Kvaček, J., Kvaček, Z., Macůrek, V., Opluštil, S., Mikuláš, R., Pálenský, P., Rojík, P., Skupien, P., Spudil, J., Sýkorová, I., Šikula, J., Švábenická, L., Teodoridis, V., Titl, F., Tomanová-Petrová, P., Ulrych, J. (2010). *Terciérní pánve a ložiska hnědého uhlí České Republiky*. Praha: Česká geologická služba.

Pešek, J., Sivek, M. (2012). *Uhlonosné pánve a ložiska černého a hnědého uhlí České republiky*. Praha: Česká geologická služba.

Popová, A. N. (1953). *Ličinki strekoz fauny SSSR (Odonata)*. Moskva: AN SSSR.

Sabaneev, L. P. (1960). *Žizn i lovlja presnovodnykh ryb*. Kyjev: GICL.

Samarina, V. S. (1977). *Gidrogeochimija*. Leningrad: Leningrad University.

Svoboda, M. (1969): Závěrečná zpráva Velký Luh. *MS Archiv LB Minerals*.

Šmejkal, V. (1977): Stabilní izotopy kyslíku, uhlíku a síry a problém sulfátové salinity při sedimentaci cyprisového souvrství v chebské pánvi. *Sborník 8. celostátní paleontologické konference v Sokolově*: 27-30.

Špičáková, L., Uličný, D., Koudelková, G. (2000): Tectonosedimentary evolution of the Cheb Basin (NW Bohemia, Czech Republic) between Late Oligocene and Pliocene: a preliminary note. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 4(44): 556-580.

Václ, J. (1977): Závěrečná zpráva úkolu Františkolázeňská pánev, Oldřichovsko-pochlovická pánev. *MS Geoindustria*.

Václ, J. (1979): Geologická stavba chebské pánve a jejího okolí. *Geologický průzkum*, 21: 233-235.

Václ, J., Dvořák, J., Havlena, V., Havlíček, V., Horný, R., Chlupáč, I., Klein, V., Kopecký, L., Malecha, A., Malkovský, M., Soukup, J., Tásler, R., Žebera, K. (1964). *Regionální geologie ČSSR (Vol. I)*. Praha: Československá akademie věd.